



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 100 85 403 T5 2004.04.29

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: WO 02/38358
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: 100 85 403.6
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP00/07819
(86) PCT-Anmeldetag: 07.11.2000
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 16.05.2002
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 29.04.2004

(51) Int Cl. 7: **B29C 45/68**
B29C 33/24, B29C 45/76

(71) Anmelder:
Kabushiki Kaisha Meiki Seisakusho, Obu, Aichi, JP

(74) Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München

(72) Erfinder:
Morita, Ryozi, Obu, Aichi, JP; Takashi, Ryoji, Obu,
Aichi, JP; Tomita, Satoshi, Obu, Aichi, JP;
Shinoda, Takashi, Obu, Aichi, JP; Oka, Keijiro,
Obu, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

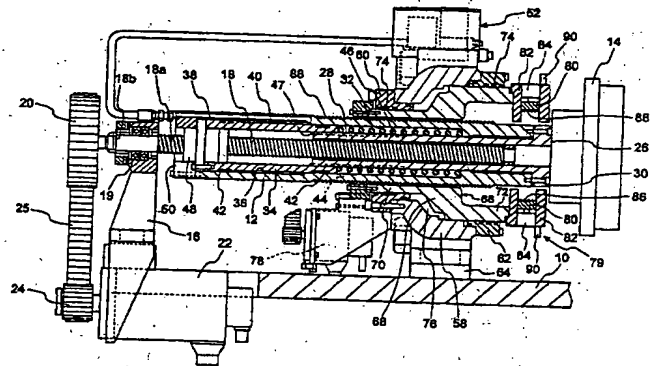
(54) Bezeichnung: Formklemmvorrichtung und Betriebsregelverfahren für die Vorrichtung

(57) Hauptanspruch: Formklemmvorrichtung einer Spritzgussmaschine zum Klemmen einer Form, wobei die Formklemmvorrichtung Folgendes aufweist:

eine stationäre und eine hintere Druckplatte, die beide fest an einer Basis der Spritzgussmaschine angeordnet sind, sodass die stationäre und die hintere Druckplatte einander mit einer Beabstandung dazwischen gegenüberstehen;
eine bewegbare Druckplatte, die zwischen die stationäre und die hintere Druckplatte zwischengesetzt ist, sodass die bewegbare Druckplatte zwischen der stationären und der hinteren Druckplatte in eine Richtung bewegbar ist, in der die stationäre und die hintere Druckplatte einander gegenüberstehen;

einen Antriebsmechanismus, der einen elektrischen Motor hat, der zwischen der hinteren Druckplatte und der bewegbaren Druckplatte angeordnet sowie betriebsfähig ist, um die bewegbare Druckplatte in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser wegzubewegen;

einen Formöffnungs- und -schließmechanismus einer elektrischen Kugelspindelbauart, die eine erste Kugelspindelwelle, die durch eine der bewegbaren und hinteren Druckplatten gestützt ist, eine erste Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle und durch...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen eine Formklemmvorrichtung einer Spritzgussmaschine, die eine Antriebsvorrichtung aufweist, die eine Kugelspindel hat, die von einem Elektromotor angetrieben ist, durch die eine bewegbare Platte bzw. Druckplatte in Richtung auf eine stationäre Platte bzw. Druckplatte hin- und her- und von dieser wegbewegt wird, wodurch eine Form entsprechend geschlossen und geöffnet wird. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Formklemmvorrichtung mit einem neuartigen Aufbau, wobei ein hydraulischer Zylinderkolbenmechanismus verwendet wird, um eine erhöhte Formklemmkraft zu erhalten, und ein effektives Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung.

[0002] Als eine Vorrichtung zum Klemmen einer Form, die für eine Spritzgussmaschine verwendet wird, ist zum Beispiel eine Formklemmvorrichtung der Direktdruckbauart bekannt, die einen hydraulischen Zylinderkolbenmechanismus hat, die eine Antriebskraft erzeugt, die direkt auf eine bewegbare Druckplatte aufgebracht wird, um die bewegbare Druckplatte in Richtung einer stationären Druckplatte und von dieser weg zum Öffnen und Schließen der dazwischen definierten Form zu bewegen, und um die bewegbare Druckplatte zu der stationären Druckplatte zum Klemmen der Form dazwischen zu zwingen, und eine Klemmvorrichtung der Knebelbauart, die einen Hebelmechanismus hat, bei dem die Antriebskraft auf die bewegbare Druckplatte über den Hebemechanismus ausgebracht wird. Eine andere Bauart der Formklemmvorrichtung ist ebenso bekannt, bei der die Vorrichtung eine Kugelspindel bzw. eine Kugelschraube und einen Elektromotor aufweist. Bei dieser Klemmvorrichtung der Kugelspindelbauart wird eine Rotationsantriebskraft des Elektromotors in eine hin- und hergehende Antriebskraft durch die Kugelspindel umgewandelt, wobei dadurch der vorstehende Vorgang des Öffnens und Schließens der Form sowie des Klemmens durch Verwenden dieser hin- und hergehenden Antriebskraft ausgeführt wird.

[0003] Bei den Formöffnungs- und -schließvorgängen ist es erforderlich, dass sich eine derartige Formklemmvorrichtung gemäß vorstehender Beschreibung zu der bewegbaren Druckplatte mit einer relativ hohen Geschwindigkeit bewegt, um eine Zykluszeit eines Ausbildungsbetriebs der Spritzgussmaschine zu verkürzen. Bei dem Formklemmvorgang ist es andererseits erforderlich, dass die Formklemmvorrichtung eine relativ große Antriebskraft auf die bewegbare Druckplatte aufbringt, sodass die bewegbare Druckplatte in Richtung der stationären Druckplatte mit einer ausreichend großen Formklemmkraft gezwungen wird, wobei dadurch eine hohe Spritzgussgenauigkeit sichergestellt wird. Die herkömmliche Formklemmvorrichtung, die die Kugelspindel verwendet, leidet jedoch unter der Schwierigkeit, beide dieser Anforderungen zu erfüllen.

[0004] Der vorliegende Erfinder hat in der Druckschrift JP-U-3-3389 (Veröffentlichungsnummer 3-3389 der japanischen geprüften Gebrauchsmusteranmeldung) eine Formklemmvorrichtung mit einem Elektromotor und einer Kugelspindel ebenso wie einem hydraulischen Zylinderkolbenmechanismus vorgeschlagen. Diese Formklemmvorrichtung weist des Weiteren einen Sammler zum Sammeln eines druckbeaufschlagten Fluids auf und ist so angeordnet, dass die bewegbare Druckplatte durch Verwenden der Kugelspindel zum Öffnen und Schließen der Form bewegt wird und in Richtung der stationären Druckplatte zum Klemmen der Form dazwischen mittels des hydraulischen Zylinderkolbenmechanismus und durch Verwenden des druckbeaufschlagten in dem Sammler gesammelten Fluids während des Öffnens und Schließens der Form durch Verwenden der Kugelspindel gezwungen wird. Diese Formklemmvorrichtung ermöglicht die Erfüllung beider der vorstehend genannten Anforderungen. Die vorgeschlagene Formklemmvorrichtung gestattet nämlich den Formöffnungs- und -schließbetrieb mit einer relativ hohen Geschwindigkeit durch Verwenden einer Kombination des Elektromotors und einer Kugelspindel kleiner Abmessung und stellt die Erzeugung der relativ großen Formklemmkraft mit Einfachheit durch Verwenden des hydraulischen Zylinderkolbenmechanismus sicher.

[0005] Jedoch verwendet die vorgeschlagene Formklemmvorrichtung das vorhergehend in dem Sammler gesammelte druckbeaufschlagte sowie dann auf eine Zylinderkammer des Zylinderkolbenmechanismus über ein Schaltventil aufgebrachtes Fluid. Das erfordert den Schaltbetrieb des Schaltventils unter einem gegebenen hydraulischen Druck, der durch das druckbeaufschlagte Fluid erzeugt wird, wobei ein relativ großes Schaltventil und eine relativ große Antriebskraft zum Antreiben des großen Schaltventils benötigt wird, woraus sich ein zeitintensiver Schaltbetrieb des Schaltventils ergibt. Außerdem leidet die vorgeschlagene Formklemmvorrichtung unter dem Problem der Druckverluste des druckbeaufschlagten Fluids während es in dem Sammler gesammelt wird. Daher leidet die vorgeschlagene Formklemmvorrichtung möglicherweise unter Unzulänglichkeit der erforderlichen Eigenschaften.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Formklemmvorrichtung zu schaffen, die in der Lage ist, eine gewünschte Antriebskraft mit Leichtigkeit mittels eines elektrischen Motors und einer Kugelspindel zum Sicherstellen einer hin- und hergehenden Bewegung einer bewegbaren Druckplatte mit einer relativ hohen Geschwindigkeit zu erzeugen, sowie eine relativ große Formklemmkraft mit Leichtigkeit durch Verwenden einer hydraulischen Vorrichtung zu erzeugen. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein geeignetes Verfahren zum Regeln eines Betriebs einer derartigen Formklemmvorrichtung zu schaffen.

[0007] Die vorstehend genannten Aufgaben können gemäß den folgenden Formen der Erfindung gelöst wer-

den. Die vorliegende Erfindung kann mit jeder möglichen Kombination dieser Ausgestaltungen der Erfindung verwirklicht werden. Es ist verständlich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die folgenden Gestaltungsformen der Erfindung und die nachstehend beschriebenen technischen Merkmale beschränkt ist, sondern sie sollen so gesehen werden, dass sie auf dem Grundgedanken der vorliegenden Erfindung begründet sind, oder der von dem Fachmann im Lichte der Offenbarung in der gesamten Beschreibung und den Zeichnungen erkannt wird.

[0008] Die erste Gestaltungsform der vorliegenden Erfindung schafft eine Formklemmvorrichtung einer Spritzgussmaschine zum Klemmen einer Form, wobei die Formklemmvorrichtung Folgendes aufweist: (a) eine stationäre und eine hintere Druckplatte, die beide fixiert an einer Basis der Spritzgussmaschine so angeordnet sind, dass die stationäre und die hintere Druckplatte einander mit einer Beabstandung dazwischen gegenüberstehen; (b) eine bewegbare Druckplatte, die zwischen die stationäre und die hintere Druckplatte so zwischen-gesetzt ist, dass die bewegbare Druckplatte zwischen der stationären und der hinteren Druckplatte in eine Richtung bewegbar ist, in die die stationäre und die hintere Druckplatte einander gegenüber stehen; (c) einen Antriebsmechanismus mit einem Elektromotor, der zwischen einer hinteren Druckplatte und der bewegbaren Druckplatte angeordnet sowie betriebsfähig ist, um die bewegbare Platte in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser weg zu bewegen; (d) einen Formöffnungs- und -schließmechanismus der elektrischen Kugelspindelbauart, die eine erste Kugelspindelwelle, die durch eine der bewegbaren und der hinteren Druckplatte gestützt ist, eine erste Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle steht und durch die andere der bewegbaren und der hinteren Druckplatte gestützt ist, und einen Formantriebselektromotor, der geeignet ist, um die erste Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen; wobei der Formöffnungs- und -schließmechanismus geeignet ist, um die Form auf der Grundlage der relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu öffnen und zu schließen; (e) eine Druckerzeugungszyklindervorrichtung, die an der Seite der hinteren Druckplatte angeordnet sowie betriebsfähig ist, um einen hydraulischen Druck auf der Grundlage der relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen; (f) eine Formklemmzyklindervorrichtung, die an der Seite der hinteren Druckplatte angeordnet ist und mit dem hydraulischen Druck beaufschlagt ist, der in der Druckerzeugungszyklindervorrichtung erzeugt wird, wobei die Formklemmvorrichtung einen Formklemmpresskolben hat, der mit der bewegbaren Druckplatte verbindbar ist; und (g) eine Eingriffsvorrichtung, die betriebsfähig ist, um den Formklemmpresskolben mit der bewegbaren Platte in Eingriff zu bringen, wobei die Form geschlossen ist, um dadurch auf die bewegbare Druckplatte die Formklemmkraft aufzubringen, die durch die Formklemmzyklindervorrichtung auf der Grundlage der relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter erzeugt wird.

[0009] Bei dieser Formklemmvorrichtung, die gemäß der ersten Gestaltungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, wird der Formöffnungs- und -schließbetrieb so durchgeführt, dass der Formöffnungs- und -schließmechanismus der Kugelspindelbauart zum hin- und hergehenden Bewegen der bewegbaren Druckplatte zwischen einer Formöffnungsposition und einer Formschließposition verwendet wird. Die erste Kugelspindelwelle und die erste Kugelmutter werden nämlich relativ zueinander durch den Formantriebselektromotor gedreht, um die relative längsgerichtete Bewegung zu erzeugen. Die bewegbare Druckplatte wird direkt durch die längsgerichtete Bewegung der Kugelspindelwelle und der Mutter in eine Richtung in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser weg bewegt, um dadurch die Form zu öffnen und zu schließen. Des Weiteren wird ein Formklemmbetrieb und ein Hydraulikdruckverringerungsbetrieb durch Verwenden der Druckerzeugungs- und der Formklemmzyklindervorrichtungen ausgeführt zusätzlich zu einem Formöffnungs- und -schließmechanismus. Die erste Kugelspindelwelle und die Kugelmutter des Formöffnungs- und -schließmechanismus werden nämlich relativ zueinander durch den Formantriebselektromotor gedreht, um dadurch die längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter auf derjenigen Grundlage zu erzeugen, auf der die Druckerzeugungszyklindervorrichtung betrieben wird, um einen hydraulischen Druck zu erzeugen. Dieser hydraulische Druck, der in der Druckerzeugungszyklindervorrichtung erzeugt wird, wird auf die Formklemmzyklindervorrichtung so aufgebracht, dass die Formklemmzyklindervorrichtung betrieben wird, um einen erhöhten hydraulischen Druck zu erzeugen. Dieser erhöhte hydraulische Druck wird auf die bewegbare Druckplatte aufgebracht, wodurch die bewegbare Druckplatte zu der stationären Druckplatte mit dem aufgebrachten erhöhten hydraulischen Druck gezwungen wird, um dadurch die Form zwischen der bewegbaren und der stationären Druckplatte zu klemmen.

[0010] Bei der so konstruierten Formklemmvorrichtung wird nur der Elektromotor als Leistungsquelle verwendet. Die Leistung des Elektromotors wird direkt auf die bewegbare Druckplatte mittels der Kugelspindelvorrichtung aufgebracht, die aus der Kugelspindelwelle und der Mutter besteht, wobei dadurch ein direktes Leistungsübertragungssystem für den Formöffnungs- und -schließvorgang gebildet wird. Die Leistung des Elektromotors wird ebenso auf die bewegbare Druckplatte über das hydraulische System mit den Druckerzeugungs- und den Formklemmzyklindervorrichtungen übertragen, wobei dadurch ein hydraulisches Leistungsübertragungssystem für den Formklemmvorgang gebildet wird. Bei dem Formklemmvorgang wird insbesondere eine auf die beweg-

bare Druckplatte aufgebrachte Formklemmkraft nicht direkt durch die Antriebskraft erhalten, die durch die Kugelspindelvorrichtung erzeugt wird, sondern wird durch Umwandeln der Antriebskraft, die durch die Kugelspindelvorrichtung erzeugt wird, in die hydraulische Druckkraft erhalten.

[0011] Demgemäß ist es nicht erforderlich, dass die Formklemmvorrichtung der vorliegenden Gestaltungsform der Erfindung eine große Kugelspindelvorrichtung oder eine Hochleistungskugelspindelvorrichtung hat, auch wenn eine relativ große Formklemmkraft erforderlich ist. Daher ist die Formklemmvorrichtung in der Lage, die Anforderungen eines raschen Formöffnungs- und -schließvorgangs mittels der Kugelspindelvorrichtung und der Sicherstellung einer ausreichend großen Formklemmkraft mittels der kleinen Kugelspindelvorrichtung zu erfüllen.

[0012] Bei dem Formklemmbetrieb wird die vorliegende Formklemmvorrichtung so betrieben, dass die Druckerzeugungszylindervorrichtung durch die Kugelspindelvorrichtung betrieben wird, um die hydraulische Druckkraft zu erzeugen. Die hydraulische Druckkraft, die in der Druckerzeugungszylindervorrichtung erzeugt wird, wird sofort auf die Formklemmzylindervorrichtung aufgebracht, um dadurch eine erhöhte hydraulische Druckkraft zu erzeugen, die auf die bewegbare Druckplatte aufgebracht wird, als die Formklemmkraft. Da die Formklemmkraft durch das so aufgebaute hydraulische System erzeugt wird und direkt auf die bewegbare Druckplatte aufgebracht wird, ohne dass es in einem geeigneten Sammler gespeichert wird, vereinfacht die Formklemmvorrichtung gemäß dem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung eine Regelung der Formklemmkraft und ist in der Lage einen Druckverlust des Arbeitsfluids im Vergleich mit der Formklemmvorrichtung, die den Sammler verwendet, zu verringern.

[0013] Wenn die Formklemmvorrichtung ihren Betrieb von dem Formöffnungs- und -schließbetrieb zu dem Formklemmbetrieb ändert und umgekehrt, kann ein hydraulischer Schaltkreis zwischen der Druckerzeugungszylindervorrichtung und der Formklemmzylindervorrichtung geändert werden. Für diesen Fall kann der hydraulische Schaltkreis unter einem relativ niedrigen darauf aufgetragenen hydraulischen Druck geändert werden, was eine leichte und rasche Änderung des hydraulischen Schaltkreises gestattet. Somit stellt die Formklemmvorrichtung, die gemäß der ersten Gestaltungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, ein sanftes Schalten von dem Formöffnungs- und -schließbetrieb zu dem Formklemmbetrieb und umgekehrt sicher.

[0014] Außerdem hat die Formklemmvorrichtung, die gemäß der ersten Gestaltungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, einen Vorteil dahingehend, dass die Formklemmkraft leicht und genau durch Erfassen der hydraulischen Druckkräfte in den Druckerzeugungs- und Formklemmzylindervorrichtungen beispielsweise mit einem geeigneten Drucksensor erkannt werden. Die zweite Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der ersten Gestaltungsform der Erfindung vor, die des Weiteren eine Vorspannvorrichtung aufweist, die angepasst ist, um einen Druckerzeugungskolben in Richtung einer vollständig zurückgezogenen Position davon vorzuspannen, um ein Volumen einer Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszylindervorrichtung zu steigern. Das Vorsehen der Vorspannvorrichtung gestattet eine einfache Definition bzw. Festlegung einer Ausgangsposition des Druckerzeugungskolbens, was eine einfache und genaue Regelung des Betriebs der Druckerzeugungszylindervorrichtung ergibt. Diesbezüglich kann die Vorspannvorrichtung angeordnet werden, um eine gewünschte Vorspannkraft zu haben, die der Antriebskraft des Formöffnungs- und -schließmechanismus der Kugelspindelbauart widersteht, die auf die Vorspannvorrichtung während des Formschließvorgangs aufgebracht wird. Bei dieser Anordnung kann die Vorspannvorrichtung auf der Grundlage von ihrer Vorspannkraft funktionieren, um eine Übertragung der Leistung oder der Antriebskraft des Formantriebsselektromotors auf die Druckerzeugungszylindervorrichtung während des Formschließvorgangs zu verhindern, um den Betrieb der Druckerzeugungszylindervorrichtung zu untersagen, und um den Betrieb der Druckerzeugungszylindervorrichtung nach der Beendigung des Formschließbetriebs zu gestatten, bei dem die Antriebskraft des Formöffnungs- und -schließmechanismus, die größer als die Vorspannkraft der Vorspannvorrichtung ist, auf den Druckerzeugungskolben aufgebracht wird.

[0015] Die dritte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der ersten oder der zweiten Gestaltungsform der Erfindung vor, wobei die Druckerzeugungszylindervorrichtung des Weiteren eine Sperrvorrichtung aufweist, die betriebsfähig ist, um den Druckerzeugungskolben fixiert mit einem Druckerzeugungszylinder der Druckerzeugungszylindervorrichtung zu verbinden, um eine Verschiebung des Druckerzeugungskolbens relativ zu dem Druckerzeugungszylinder zu verhindern. Bei dieser Gestaltungsform der Formklemmvorrichtung kann der Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszylindervorrichtung fixiert in seiner vorbestimmten Anfangsposition mittels der Sperrvorrichtung gehalten werden, was eine Regelung der Formöffnungs- und -schließpositionen der bewegbaren Druckplatte vereinfacht. Da die Bewegung der Druckerzeugungszylindervorrichtung durchgängig durch die Sperrvorrichtung durch den Formschließvorgang unterbunden werden kann, kann der Formschließbetrieb durchgängig durch den Formöffnungs- und -schließmechanismus ohne nachteiligen Einfluss eines unerwarteten Betriebs des Druckerzeugungskolbens während des raschen Formschließvorgangs betrieben werden. Es ist anzumerken, dass die Sperrvorrichtung bei dem Formklemmvorgang lösbar ist, sodass die Formklemmvorrichtung ihre Betriebsarten von dem Formschließbetrieb zu dem Formklemmbetrieb sanft schalten kann.

[0016] Die vierte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der ersten bis

dritten Gestaltungsformen der Erfindungen vor, die weiterhin ein hydraulisches System aufweist, das einen hydraulischen Schaltkreis für eine Fluidverbindung zwischen einer Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszylindervorrichtung und einer Formklemmkammer der Formklemmzylindervorrichtung, und ein Schaltventil aufweist, das alternativ die Druckerzeugungskammer mit der Formklemmkammer verbindet und von dieser trennt. In dieser Gestaltungsform der Erfindung kann der Formklemm- oder der Formschließbetrieb der Formklemmvorrichtung durch Regeln des Schaltbetriebs des Schaltventils geregelt werden, um die Fluidverbindung zwischen der Druckerzeugungs- und der Formklemmkammer zu gestatten und zu unterbinden. Zum Beispiel ist das Schaltventil geschlossen, um die Fluidverbindung zwischen der Druckerzeugungs- und der Formklemmkammer bei dem Formschließvorgang zu unterbinden, um die Druckerzeugungszylindervorrichtung außer Kraft zu setzen, wodurch der Formschließvorgang stabilisiert wird.

[0017] Die fünfte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der ersten bis vierten Gestaltungsformen der Erfindung vor, wobei der Druckerzeugungskolben ein Hohlzylinderelement ist und wobei die Druckerzeugungskammer teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des hohlen Druckerzeugungskolbens definiert ist, während die erste Kugelspindelwelle in einer Bohrung des hohlen Druckerzeugungskolbens angeordnet ist und sich durch diesen hindurcherstreckt, und die erste Kugelmutter an dem hohlen Druckerzeugungskolben fixiert ist. In dieser Gestaltungsform ist der Druckerzeugungskolben das Hohlzylinderelement, wodurch es möglich wird, die erste Kugelspindelwelle und die Mutter durch Verwenden eines Innenraums der Bohrung des hohlen zylindrischen Druckerzeugungskolbens anzuordnen, was zur Verringerung der Abmessung der Formklemmvorrichtung führt.

[0018] Die sechste Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der ersten bis fünften Gestaltungsformen der Erfindung vor, wobei die Formklemmzylindervorrichtung so angeordnet ist, dass eine Mittelachse der Formklemmzylindervorrichtung mit einer Mittelachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist, und der Formklemmpresskolben ein Hohlzylinderelement aufweist, wobei die Formklemmvorrichtung des Weiteren Folgendes aufweist: einen mechanischen Presskolben, der an der bewegbaren Druckplatte fixiert ist und sich durch eine Bohrung des hohlen Formklemmpresskolbens erstreckt, wobei die Eingriffsvorrichtung betriebsfähig ist, um den hohlen Formklemmpresskolben in Eingriff mit dem mechanischen Presskolben zu halten. Bei dieser Gestaltungsform kann die Formklemmkraft, die durch die Formklemmzylindervorrichtung erzeugt wird, auf einen Mittenabschnitt der bewegbaren Druckplatte aufgebracht werden, wobei wirksam ein nicht wünschenswertes Verhalten der bewegbaren Druckplatte auch dann verhindert werden kann, wenn nur eine Formklemmzylindervorrichtung verwendet wird. Somit stellt die Formklemmvorrichtung dieser Gestaltungsform ein stabiles Verhalten der bewegbaren Druckplatte während des Formklemmbetriebs sicher.

[0019] Die siebte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der sechsten Gestaltungsform der Erfindung vor, wobei die Eingriffsvorrichtung eine Vielzahl erster Eingriffsvorsprünge aufweist, die an einer äußeren Umfangsfläche des mechanischen Presskolbens so ausgebildet sind, dass die ersten Eingriffsvorsprünge voneinander mit gleichmäßigen Abständen in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens beabstandet sind, und wobei das Eingriffselement eine Vielzahl von zweiten Eingriffsvorsprüngen hat und durch den Formklemmpresskolben so gestützt ist, dass das Eingriffselement in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens unbeweglich ist und in Richtung der äußeren Umfangsfläche des mechanischen Presskolbens und davon weg bewegbar ist, um die zweiten Eingriffsvorsprünge mit den ersten Eingriffsvorsprüngen in Eingriff zu bringen und diese außer Eingriff zu bringen. In dieser Gestaltungsform der Erfindung kann eine Eingriffsposition der zweiten Eingriffsvorsprünge relativ zu den ersten Eingriffsvorsprüngen optional in die axiale Richtung des mechanischen Presskolbens, nämlich in die Richtung der hin- und hergehenden Bewegung der bewegbaren Druckplatte, geändert werden. Das bedeutet, dass die Formklemmvorrichtung für verschiedene Arten von Formen mit verschiedenen Dickenwerten verwendet wird. Die ersten Eingriffsvorsprünge können sich zum Beispiel in eine Umfangsrichtung des mechanischen Presskolbens erstrecken.

[0020] Die achte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der siebten Gestaltungsform der Erfindung vor, die des Weiteren einen elektrischen Positioniermotor aufweist, der angepasst ist, das Eingriffselement relativ zu dem mechanischen Presskolben in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens so zu bewegen, dass die zweiten Eingriffsvorsprünge des Eingriffselements geeignet zum Eingreifen mit den ersten Eingriffsvorsprüngen des mechanischen Presskolbens positioniert werden. Diese Anordnung vereinfacht das Positionieren der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge relativ zueinander in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens, wobei in diese Richtung die bewegbare Druckplatte hin- und herbewegbar ist. Vorzugsweise kann der elektrische Positioniermotor ein Servomotor sein, sodass die ersten Eingriffsvorsprünge und die zweiten Eingriffsvorsprünge relativ zueinander mit einer hohen Genauigkeit positioniert werden.

[0021] Die neunte Gestaltungsform der Erfindung schafft eine Formklemmvorrichtung gemäß der siebten oder der achten Gestaltungsform der Erfindung, wobei der hohle Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung eine Betriebshublänge aufweist, die größer als die Summe eines Abstands der ersten Eingriffsvorsprünge und eines vergrößerten Betrags des axialen Abstands zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte aufgrund der Aufbringung einer Formklemmkraft zwischen der hinteren und der bewegbaren

Druckplatte ist. In dieser Gestaltungsform wird die erforderliche Hublänge des Formklemmpresskolbens erhalten, die den erhöhten Betrag des axialen Abstands zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte in Betracht zieht, der durch die Aufbringung der Formklemmkraft verursacht wird, wobei das Positionieren der ersten und der zweiten Eingriffsvorsprünge relativ zueinander vereinfacht wird.

[0022] Die zehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der sechsten bis neunten Gestaltungsformen der vorliegenden Erfindung vor, wobei der mechanische Presskolben ein Hohlzylinderelement aufweist und die Formklemmvorrichtung des Weiteren eine elektrisch betriebene Auswerfervorrichtung der Kugelschraubenbauart mit einer an der bewegbaren Druckplatte fixierten Auswerfervorrichtung, eine zweite Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet und mit entweder dem mechanischen Presskolben oder der Auswerfervorrichtung fixiert ist, und eine zweite Kugelmutter auf, die im Gewindeeingriff mit der zweiten Kugelspindelwelle steht und mit dem anderen Element des mechanischen Presskolbens und der Auswerfervorrichtung fixiert ist; und einen elektrischen Auswerfermotor, der angepasst ist, um die zweite Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative längsgerichtete Bewegung der zweiten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen, wodurch die Auswerfervorrichtung angetrieben wird. In dieser Gestaltungsform ist die Auswerfervorrichtung elektrisch betriebsfähig. Des Weiteren kann die Auswerfervorrichtung innerhalb einer Bohrung des mechanischen Presskolbens mit einer verbesserten beabstandeten Verwendung eingebaut werden, was eine elektrisch betriebene Auswerfervorrichtung kleiner Abmessung ergibt. Darüber hinaus kann die zweite Kugelspindelwelle und die Mutter, die geeignet ist, die Antriebskraft auf die Auswerfervorrichtung aufzubringen, so angeordnet sein, dass die Mittenachse der zweiten Kugelspindelwelle mit der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist. Diese Anordnung ist wirksam, um eine nicht wünschenswerte Neigung der Auswerfervorrichtung beispielsweise aufgrund einer unausgeglichene Aufbringung der Antriebskraft auf die Auswerfervorrichtung zu verhindern, was ein stabiles Verhalten und einen stabilen Betrieb der Auswerfervorrichtung während des Auswerferbetriebs ergibt.

[0023] Die elfte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der zehnten Gestaltungsform der vorliegenden Erfindung vor, wobei der elektrische Ausspitzmotor fixiert innerhalb der Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist, und der hohle mechanische Presskolben einen Luftströmungsdurchgang hat, der sich durch die Bohrung davon in axiale Richtung erstreckt. In dieser Gestaltungsform wird ein innerer Raum der Bohrung des mechanischen Presskolbens wirksam genutzt, sodass der elektrische Auswerfermotor innerhalb der Bohrung des mechanischen Presskolbens angeordnet wird. Für diesen Fall kann der elektrische Motor entlang der axialen Richtung des mechanischen Presskolbens verlängert sein, was eine Erhöhung der Leistung des elektrischen Auswerfermotors ohne Erhöhung der Abmessung der Formklemmvorrichtung ergibt. Außerdem gestattet der Luftdurchgang eine Belüftung des inneren Raums der Bohrung des mechanischen Presskolbens, die der axialen hin- und hergehenden Bewegung des mechanischen Presskolbens zuzusprechen ist, was wirksam ein Problem der durch den elektrischen Auswerfermotor erzeugten Wärme beseitigt.

[0024] Die zwölfte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der ersten bis elften Gestaltungsform der Erfindung vor, wobei die Druckerzeugungszyklindervorrichtung eine Vielzahl von Druckerzeugungszyklindervorrichtungen aufweist, die an der Achse der bewegbaren Druckplatte angeordnet sind. In dieser Gestaltungsform ist die Verwendung der Vielzahl der Druckerzeugungszyklindervorrichtungen wirksam, jede der Druckerzeugungszyklindervorrichtungen zu verkleinern, was zur Verringerung der Gesamtabmessung der Formklemmvorrichtung führt.

[0025] Die dreizehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der zwölften Gestaltungsform der Erfindung vor, wobei jede der Vielzahl der Druckerzeugungszyklindervorrichtungen Folgendes aufweist: den Druckerzeugungskolben in der Gestalt eines Hohlzylinders; die Druckerzeugungskammer, die teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des hohlen Druckerzeugungskolbens definiert ist; die erste Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen Druckerzeugungskolbens angeordnet ist und sich durch diese erstreckt; die erste Kugelmutter, die an dem hohlen Druckerzeugungskolben fixiert ist; und den Formantriebsmotor, der fest durch die bewegbare Druckplatte gestützt ist und angepasst ist, die erste Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen. In dieser Gestaltungsform ist der Formantriebsmotor durch die bewegbare Druckplatte gestützt, was wirksam die Gesamtlänge der Formklemmvorrichtung verringert. Darüber hinaus ist die Vielzahl der ersten Kugelspindelwellen und Muttern an der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte angeordnet, was eine stabile Aufbringung der Antriebskraft auf die bewegbare Druckplatte über die Vielzahl der ersten Kugelspindelwellen sicherstellt, was eine verbesserte Stabilität des Formöffnungs- und -schließbetriebs der Formklemmvorrichtung ergibt.

[0026] Die vierzehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß einer der sechsten bis neunten Gestaltungsformen der vorliegenden Erfindung vor, wobei der mechanische Presskolben einen hohlen mechanischen Presskolben aufweist und die erste Kugelspindelwelle in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist und sich durch diese erstreckt. In dieser Gestaltungsform kann die erste Kugelspindelwelle innerhalb der Bohrung des mechanischen Presskolbens mit einer hohen Raum-

nutzungseffizienz angeordnet sein. Außerdem kann die erste Kugelspindelwelle angeordnet werden, sodass die Achse der ersten Kugelspindelwelle mit der Mittennachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist. Somit wird die Antriebskraft, die durch den einen Formöffnungs- und -schließmechanismus erzeugt wird, stabil bzw. durchgängig auf die bewegbare Druckplatte über die erste Kugelspindelwelle davon aufgebracht.

[0027] Die fünfzehnte Gestaltungsform der Erfindung schafft eine Formklemmvorrichtung gemäß der vierzehnten Gestaltungsform der Erfindung, wobei die erste Kugelspindelwelle axial unbewegbar durch die Basis der Spritzgussmaschine gestützt ist, durch die die stationäre Druckplatte fest gestützt ist, und der Druckerzeugungskolben ist gleitfähig bewegbar innerhalb der Bohrung des mechanischen Presskolbens, um die Druckerzeugungszylindervorrichtung zu bilden, während die erste Kugelmutter an dem Druckerzeugungskolben fixiert ist. In dieser Gestaltungsform ist die erste Kugelmutter wirksam innerhalb der Bohrung des mechanischen Presskolbens mit einer verbesserten Raumnutzung angeordnet, wobei die axiale Länge der Formklemmvorrichtung wirksam verringert wird.

[0028] Die sechzehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der ersten Gestaltungsform vor, wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist: (α) die erste Kugelspindelwelle des Formöffnungs- und -schließmechanismus, die durch die Basis der Spritzgussmaschine gestützt ist, sodass die erste Kugelspindelwelle drehbar an dessen Achse ist und unbewegbar in eine axiale Richtung davon ist; (β) den Formantriebsselektromotor, der geeignet ist, um die erste Kugelspindelwelle in vorwärts gerichtete und rückwärts gerichtete Richtungen zu drehen; (γ) einen hohlen mechanischen Presskolben, der radial nach außen von der ersten Kugelspindelwelle angeordnet ist und an einem der axialen entgegengesetzten Enden davon mit der bewegbaren Platte fixiert ist, sodass der hohle mechanische Presskolben in eine axiale Richtung davon relativ zu der Basis der Spritzgussmaschine bewegbar ist und an dessen Achse nicht drehbar ist; (δ) den Druckerzeugungskolben, der radial nach innen von dem mechanischen Presskolben angeordnet ist, sodass der Druckerzeugungskolben auf hin- und hergehende Weise gleitfähig in eine axiale Richtung des mechanischen Presskolbens bewegbar ist und nicht an einer Achse des mechanischen Presskolbens drehbar ist, wobei der Druckerzeugungskolben mit dem mechanischen Presskolben zusammenwirkt, um eine Druckerzeugungskammer dazwischen zu definieren, deren Volumen durch eine Bewegung des Druckerzeugungskolbens in Richtung eines der axialen entgegengesetzten Enden des mechanischen Presskolbens verringert wird, wobei der Druckerzeugungskolben und die Druckerzeugungskammer miteinander zusammenwirken, um die Druckerzeugungszylindervorrichtung zu bilden; (ε) eine Vorspannvorrichtung, die geeignet ist, um den Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszylindervorrichtung relativ zu dem mechanischen Presskolben vorzuspannen, sodass der Druckerzeugungskolben in Richtung eines der axialen Enden des Druckerzeugungszylinders vorgespannt wird, das von der bewegbaren Druckplatte entfernt ist; (ζ) die erste Kugelmutter des Formöffnungs- und -schließmechanismus, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle steht und an dem Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszylindervorrichtung fixiert ist, wobei die erste Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander gedreht werden, um den Druckerzeugungskolben hin- und herzubewegen; (η) den Formklemmzylinder, der radial nach außen von dem mechanischen Presskolben angeordnet ist und fest durch die Basis der Spritzgussmaschine gestützt ist, (θ) den Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung, der radial nach außen von dem mechanischen Presskolben angeordnet ist und radial nach innen von dem Formklemmzylinder angeordnet ist, sodass der Formklemmpresskolben gleitfähig in eine axiale Richtung des Formklemmzylinders bewegbar ist, wobei der Formklemmpresskolben mit dem Formklemmzylinder zusammenwirkt, um dazwischen eine Formklemmkammer zu definieren; (ι) ein elektrischer Positioniermotor, der geeignet ist, den Formklemmpresskolben relativ zu dem Formklemmzylinder zum Positionieren des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder in die axiale Richtung des Formklemmzylinders zu bewegen; (κ) ein hydraulisches System, das einen hydraulischen Schaltkreis für eine Fluidverbindung zwischen der Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszylindervorrichtung und der Formklemmkammer der Formklemmzylindervorrichtung hat, und der gestattet, dass der in der Druckerzeugungskammer durch die relative längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter aufgrund einer Rotation der ersten Kugelspindelwelle erzeugte Druck auf die Formklemmkammer übertragen wird, um einen hydraulischen Druck in der Formklemmkammer zu erzeugen und den hydraulischen Druck auf den Formklemmpresskolben als eine hydraulische Antriebskraft aufzubringen; (λ) eine Eingriffsvorrichtung, die zwischen dem Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung und dem mechanischen Presskolben angeordnet ist und betriebsfähig ist, um den Formklemmpresskolben und den mechanischen Presskolben miteinander in Eingriff zu bringen, um die hydraulische Antriebskraft, die auf den Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung aufgebracht ist, auf den mechanischen Presskolben als eine Formklemmkraft aufzubringen. Diese Gestaltungsform ist wirksam, um die Formklemmvorrichtung der elastischen Kugelspindelbauart mit einem einfachen Aufbau durch Verwenden eines Formöffnungs- und -schließmechanismus, einer Druckerzeugungszylindervorrichtung und einer Formklemmzylindervorrichtung zu bilden, wie bei den vierzehnten und fünfzehnten Gestaltungsformen der Erfindung.

[0029] In dieser Gestaltungsform der Erfindung ist die hydraulische Druckzylinderkammer vorzugsweise zwischen der inneren Umfangsfläche des mechanischen Presskolbens und der äußeren Umfangsfläche des Druckerzeugungskolbens angeordnet.

ckerzeugungskolbens definiert, sodass die Druckzylinderkammer eine zylindrische Konfiguration hat. Diese Anordnung gestattet eine Bildung der hydraulischen Kammer mit einer hervorragenden Raumnutzung und schafft wirksam einen Raum zum Anordnen der Vorspannvorrichtung, beispielsweise zwischen dem mechanischen Presskolben und dem Druckerzeugungskolben.

[0030] Die siebzehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht eine Formklemmvorrichtung gemäß der ersten Gestaltungsform der Erfindung vor, die des Weiteren Folgendes aufweist: (μ) eine Vielzahl von Druckerzeugungszylindervorrichtungen einschließlich einer Vielzahl von Druckerzeugungszylindern, die an einer Erweiterung einer Mittenachse der bewegbaren Druckplatte angeordnet sind, um sich parallel zu der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte zu erstrecken und die an der hinteren Druckplatte fixiert sind, einer Vielzahl von Druckerzeugungskolben, die jeweils eine hohlzylindrische Gestalt haben, die gleitfähig bewegbar innerhalb der Vielzahl der Druckerzeugungszylinder angeordnet sind, und einer Vielzahl von Druckerzeugungskammern, die teilweise jeweils durch die äußere Umfangsfläche der hohlen Druckerzeugungskolben definiert sind, wobei jede der Druckerzeugungskammern ein Volumen hat, das durch eine Gleitbewegung der entsprechenden Druckerzeugungskolben in eine Richtung entfernt von der bewegbaren Platte verringert wird; (ν) eine Vielzahl von ersten Kugelspindelwellen, die an der Mittenachse der bewegbaren Platte angeordnet sind, um sich parallel zu der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte zu erstrecken, und die in Bohrungen der jeweiligen hohlen Druckerzeugungskolben angeordnet sind und sich durch diese erstrecken, wobei die Vielzahl der ersten Kugelspindelwellen axial unbewegbar an der bewegbaren Druckplatte fixiert ist; (ξ) eine Vielzahl von Formantriebsselektromotoren, die an der bewegbaren Druckplatte angeordnet sowie geeignet sind, um die Kugelspindelwellen an ihren Achsen in vorwärts gerichtete und rückwärts gerichtete Richtungen zu drehen; (\omicron) eine Vielzahl erster Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der Vielzahl der ersten Kugelspindelwellen stehen und an der Vielzahl der Druckerzeugungskolben fixiert sind; (π) eine Vielzahl von Vorspannvorrichtungen, die geeignet sind, die Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszylindervorrichtungen in Richtung der bewegbaren Druckplatte in eine axiale Richtung vorzuspannen; (ρ) die Formklemmzylindervorrichtung, die den Formklemmzylinder aufweist, der fest an der hinteren Druckplatte angeordnet ist, sodass ein Mittenachse des Formklemmzylinders mit der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist, dem Formklemmpresskolben, der eine hohle zylindrische Gestalt hat, der gleitfähig innerhalb des Formklemmzylinders bewegbar ist, und der Formklemmkammer, die teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des Formklemmpresskolbens definiert ist und ein Volumen hat, das durch eine Gleitbewegung des Formklemmpresskolbens in eine Richtung entfernt von der bewegbaren Druckplatte verringert wird; (σ) eine hydraulische Vorrichtung, die betriebsfähig ist, um eine Fluidverbindung zu den Druckerzeugungskammern für ein festes Positionieren der Druckerzeugungskolben relativ zu den Druckerzeugungszylindern zu unterbinden, sodass die bewegbare Druckplatte durch eine Drehung der ersten Kugelspindelwelle relativ zu der hinteren Druckplatte, die mit den Druckerzeugungszylindern fixiert ist, zum Schließen und Öffnen der Form bewegt wird, während sie betriebsfähig ist, um eine Fluidverbindung zwischen den Druckerzeugungskammern und der Formklemmkammer für eine Gleitbewegung des Druckerzeugungskolbens zu gestatten, sodass ein hydraulischer Druck, der in der Druckerzeugungskammer durch die Drehung der ersten Kugelspindelwelle erzeugt wird, auf die Formklemmkammer der Formklemmzylindervorrichtung aufgebracht wird, wodurch eine hydraulische Antriebskraft auf den Formklemmpresskolben aufgebracht wird, (τ) einen mechanischen Presskolben, der fest an der bewegbaren Druckplatte angeordnet ist, um in Richtung der hinteren Druckplatte entlang der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte vorzustehen; den mechanischen Presskolben, der sich durch eine Bohrung des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung erstreckt; (u) die Eingriffsvorrichtung, die zwischen dem Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung und dem mechanischen Presskolben angeordnet ist, und die betriebsfähig für das Eingreifen des Formklemmpresskolbens und des mechanischen Presskolbens miteinander ist, um die hydraulische Antriebskraft des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung auf den mechanischen Presskolben als eine Formklemmkraft aufzubringen sind; und (?) eine elektrisch betriebene Auswerfervorrichtung der Kugelspindelbauart mit einer Auswerferplatte, die an der bewegbaren Druckplatte fixiert ist, einer zweiten Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist und an einem von dem mechanischen Presskolben und der Auswerfervorrichtung fixiert ist, einer zweiten Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der zweiten Kugelspindelwelle steht und mit dem anderen von dem mechanischen Presskolben und der Auswerfervorrichtung fixiert ist; und einen elektrischen Auswerfermotor, der geeignet ist, um die zweite Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative längsgerichtete Bewegung der zweiten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen, wobei dadurch die Auswerfervorrichtung angetrieben wird. Wie bei der zwölften und dreizehnten Gestaltungsform der Erfindung ist die Vielzahl der Druckerzeugungszylinder an der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte bei der vorliegenden Gestaltungsform angeordnet, sodass die Formklemmvorrichtung dieser Gestaltungsform ein gut ausgeglichenes Antreiben der bewegbaren Druckplatte mit einer hohen Stabilität gestattet.

[0031] Die achtzehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Steuern bzw. Regeln des Betriebs einer Formklemmvorrichtung vor, die in einer der ersten bis siebzehnten Gestaltungsformen der Erfindung definiert ist, wobei die Vorrichtung des Weiteren eine Vielzahl erster Eingriffsvorsprünge, die an einem

der Formklemmpresskolben und der bewegbaren Druckplatte ausgebildet sind, sodass die Vielzahl der ersten Eingriffsvorsprünge voneinander mit gleichmäßigen bzw. regelmäßigen Abständen in eine Richtung beabstandet sind, in die der Formklemmpresskolben und die bewegbare Druckplatte relativ zueinander bewegt werden, und ein Eingriffselement auf, das an dem anderen von dem Formklemmpresskolben und der bewegbaren Druckplatte ausgebildet ist, sowie eine Vielzahl zweiter Eingriffsvorsprünge hat, die mit den ersten Eingriffsvorsprüngen eingreifbar sind, wobei das Eingriffselement in Richtung des ersten Eingriffselements und von diesem wegbewegt wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: (i) Ermitteln einer Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte, sodass die bewegbare Druckplatte, die fixiert werden soll, auf eine Formschließposition davon bewegt wird, bei der die stationäre und die bewegbare Formhälfte in Kontakt miteinander gehalten werden, um die Versuchsform zwischen der stationären und der bewegbaren Druckplatte zu halten, und wobei eine axiale Position der bewegbaren Druckplatte, die in der Formschließposition platziert ist, als eine Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte erhalten wird; (ii) Ermitteln einer Bezugsposition des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung, sodass eine axiale Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder eingestellt wird, um einen Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge sicherzustellen, wobei die bewegbare Druckplatte in der Bezugsposition davon angeordnet ist, und eine eingestellte axiale Position des Formklemmpresskolbens als die Bezugsposition des Formklemmpresskolbens erhalten wird; und (iii) Einstellen einer axialen Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder in axiale Richtung auf der Grundlage der ermittelten Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte und der ermittelten Bezugsposition des Formklemmpresskolbens, um den Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge sicherzustellen, wenn die bewegbare Druckplatte, die mit der eingesetzten Form fixiert ist, in der Formschließposition gehalten ist. Diese Anordnung gestattet, dass der Formklemmpresskolben und die bewegbare Druckplatte sofort und stabil miteinander mittels der Eingriffsvorrichtung eingreifen unmittelbar nachdem die bewegbare Druckplatte zu der Formschließposition durch die geradlinige Antriebskraft des Formöffnungs- und -schließmechanismus der Kugelspindelbauart bewegt worden ist, ungeachtet der Dicke der optionalen Form. Diese Anordnung gestattet das wirksame Stabilisieren des Spritzgussbetriebs unter Verwendung der Formklemmvorrichtung und das wirksame Verkürzen einer Zykluszeit des Spritzgussbetriebs unter Verwendung der Formklemmvorrichtung.

[0032] Auf das Erhalten der Bezugspositionen der bewegbaren Druckplatte und des Formklemmpresskolbens auf der Grundlage der Versuchsform hin kann die Versuchsform tatsächlich an den bewegbaren und den stationären Druckplatten fixiert werden, sodass diese Bezugspositionen tatsächlich gemessen werden. Alternativ können die Bezugspositionen durch Berechnung durch Verwenden des scheinbar an den bewegbaren und stationären Druckplatten fixierten Versuchsform erhalten werden.

[0033] Die neunzehnte Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung gemäß der achtzehnten Gestaltungsform der Erfindung vor, das des Weiteren die folgenden Schritte aufweist: Einstellen der axialen Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder in axiale Richtung, sodass die ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge im Eingriff miteinander an einem Eingriffsabschnitt stehen, der von einer vollständig vorgeschobenen Position des Formklemmpresskolbens an zumindest einem axialen Abstand zurückgezogen ist, der einem erhöhten axialen Abstand zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte aufgrund einer Aufbringung einer Formklemmkraft zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte entspricht, und die am nächsten zu einer Formschließposition des Formklemmpresskolbens für den Fall ist, bei dem die eingesetzte Form fixiert ist. Gemäß diesem Regelungsverfahren des Betriebs der Formklemmvorrichtung wird der Anstieg der Hublänge des Formklemmpresskolbens aufgrund der Aufbringung der Formklemmkraft in Betracht gezogen, was eine hohe Stabilität des Formklemmbetriebs der Formklemmvorrichtung ergibt.

[0034] Die zwanzigste Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung gemäß der achtzehnten oder neunzehnten Gestaltungsform der Erfindung vor, das des Weiteren die folgenden Schritte aufweist: Berechnen einer Formdickendifferenz zwischen der Versuchsform und der eingesetzten Form; Erhalten einer Formschließposition des Formklemmpresskolbens, wenn die bewegbare Druckplatte mit der eingesetzten Form fixiert ist, auf der Grundlage der Formdickendifferenz und der Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte; Erhalten eines Abstands zwischen der erhaltenen Formschließposition und der Bezugsposition des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung; und Erhalten eines Einstellbetrags der axialen Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder der Formklemmzylindervorrichtung, der zum Sicherstellen des Eingriffs der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge erforderlich ist, auf der Grundlage des erhaltenen Abstands und eines Zwischenraums der ersten Eingriffsvorsprünge. Gemäß diesem Regelungsverfahren des Betriebs der Formklemmvorrichtung wird sofort und wirksam der Betrag des Betriebs der Formklemmzylindervorrichtung erhalten, der nach der Beendigung des Formschließbetriebs erforderlich ist, um den Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge sicherzustellen.

[0035] Die einundzwanzigste Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung vor, wie in einer der ersten bis siebzehnten Gestaltungsformen der Erfindung definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der ersten Kugelspindelwelle einen elektrischen Ser-

servomotor aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Regeln eines Ausgangsdrehmoments des elektrischen Servomotors auf einen Formklemmbetrieb hin auf der Grundlage eines Erfassungssignals, das einen hydraulischen Druck in der Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszylindervorrichtung darstellt. In dieser Gestaltungsform wird der elektrische Servomotor als der Formantriebselektromotor eingesetzt, um eine verbesserte Genauigkeit der Regelung zum Positionieren der Form (der bewegbaren Druckplatte) sicherzustellen. Daher ermöglicht das vorliegend bevorzugte Verfahren, die Bewegung der bewegbaren Druckplatte mit hoher Genauigkeit zu regeln, wenn die Formklemmvorrichtung zum Schützen der Form im Ansprechen auf eine Erfassung eines Fremdkörpers betrieben wird, der zum Beispiel zwischen der bewegbaren und der stationären Druckplatte vorhanden ist. Zum Beispiel kann das Ausgangsdrehmoment des elektrischen Servomotors auf der Grundlage der hydraulischen Druckkraft in der Formklemmkammer geregelt werden, die als die Formklemmkraft auf die bewegbare Druckplatte aufgebracht wird, was eine Regelung der Formklemmkraft mit einer hohen Genauigkeit und hoher Zuverlässigkeit gestattet.

[0036] Die zweiundzwanzigste Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung vor, wie in einer der ersten bis siebzehnten Gestaltungsform der Erfindung definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der ersten Kugelspindelwelle einen elektrischen Servomotor aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Verringern eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer durch allmähliches Verringern eines Werts eines Ausgangsdrehmoments des elektrischen Servomotors auf einen vorbestimmten Wert, sodass eine Verringerung eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer beendet bzw. vervollständigt wird. In dieser Gestaltungsform wird der elektrische Servomotor als der Formantriebselektromotor eingesetzt und das Ausgangsdrehmoment des elektrischen Servomotors wird geregelt, um allmählich verringert zu werden, wobei wirksam, stabil und einfach eine Größe eines Stoßes verringert wird, der beim Verringern der Formklemmkraft bei einem Formklemmkraftverringeringsbetrieb auftritt.

[0037] Die dreiundzwanzigste Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln des Betriebs der Formklemmvorrichtung vor, wie in einer der ersten bis siebzehnten Gestaltungsform der Erfindung definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der ersten Kugelspindelwelle einen elektrischen Servomotor aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Verringern eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer durch allmähliches oder kontinuierliches Ändern einer Drehzahl des elektrischen Servomotors in eine Richtung zum Erzeugen einer Verringerung des hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer, bis zumindest eine der Bedingungen erfasst wird: Dass eine vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen ist, die zum Verringern des Drucks in der Formklemmkammer erforderlich ist, und dass der Druck in der Formklemmkammer auf eine vorbestimmte Höhe bzw. einen vorbestimmten Wert verringert wurde. In dieser Gestaltungsform wird die Drehzahl des Servomotors geregelt, wodurch eine Größe eines Stoßes wirksam, stabil und einfach verringert werden kann, der beim Verringern der Formklemmkraft bei dem Formklemmkraftverringeringsbetrieb auftritt. Da insbesondere der Servomotor auf der Grundlage seiner Drehzahl geregelt wird, kann die Formklemmkraft kontinuierlich bei dem Formklemmkraftverringeringsbetrieb verringert werden.

[0038] Die vierundzwanzigste Gestaltungsform der Erfindung sieht ein Verfahren zum Regeln eines Betriebs der Formklemmvorrichtung gemäß einer der einundzwanzigsten bis dreiundzwanzigsten Gestaltungsform der Erfindung vor, wobei die Vorrichtung in einem der zweiten, sechzehnten und siebzehnten Gestaltungsform der Erfindung definiert ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Regeln eines Ausgangsdrehmoments des elektrischen Servomotors unter Berücksichtigung einer Kraft, die an dem Druckerzeugungskolben gegen die Vorspannkraft der darauf aufgebrachten Vorspannvorrichtung erzeugt wird. In dieser Gestaltungsform wird der elektrische Servomotor unter Berücksichtigung der Vorspannkraft der Vorspannvorrichtung geregelt, wobei dadurch eine hochgenaue Regelung der Formklemmkraft gestattet wird, während eine hervorragende Positionierungswirkung der Vorspannvorrichtung sichergestellt wird.

[0039] Fig. 1 ist eine fragmentarische Ansicht in einem Längsschnitt einer Formklemmvorrichtung, die gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

[0040] Fig. 2 ist eine Ansicht, die schematisch eine hydraulische Vorrichtung zeigt, die bei der Formklemmvorrichtung von Fig. 1 verwendet wird;

[0041] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Regelungsprogramm darstellt, gemäß dem eine Eingriffsposition eines Formklemmpresskolbens und eines Formöffnungs- und -schließzylinders eingestellt wird;

[0042] Fig. 4 ist eine Ansicht, die schematisch Beispiele eines spezifischen Betriebs der Formklemmvorrichtung zum Einstellen des Eingriffsabschnitts des Formklemmpresskolbens und des Formöffnungs- und -schließzylinders gemäß einem Verfahren der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0043] Fig. 5 ist eine Grafik, die ein Verfahren zum Regeln eines Formklemmdrucks gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0044] Fig. 6 ist eine Grafik, die ein Verfahren zum Regeln eines Ausgangsdrehmoments eines Servomotors gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei dem ein Formklemmdruckverringeringsbetrieb der Formklemmvorrichtung von Fig. 1 ausgeführt wird;

[0045] Fig. 7 ist ein Zeitablaufdiagramm eines Formklemmdruckverringeringsbetriebs von Fig. 6; und

[0046] **Fig. 8** ist ein Zeitablaufdiagramm eines weiteren Beispiels eines Formklemmdruckverringers der Formklemmvorrichtung von **Fig. 1**, die auf der Grundlage einer Drehzahl des elektrischen Servomotors gemäß der vorliegenden Erfindung geregelt wird.

[0047] **Fig. 9** ist eine teilgeschnittene Draufsicht einer Formklemmvorrichtung, die gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung konstruiert ist und

[0048] **Fig. 10** ist eine vergrößerte fragmentarische Ansicht der Formklemmvorrichtung von **Fig. 9**.

[0049] Die vorliegende Erfindung wird durch das Studium der folgenden genauen Beschreibung von derzeit bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen besser verstanden.

[0050] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist darin schematisch die bei einer Spritzgussmaschine verwendete Formklemmvorrichtung gezeigt, die gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung konstruiert ist. Die Formklemmvorrichtung hat einen Formöffnungs- und -schließzylinder **12** als einen mechanischen Presskolben, der durch eine Basis **10** der Spritzgussmaschine gestützt ist und der sich in eine horizontale Richtung erstreckt, während er axial bewegbar ist, und eine bewegbare Druckplatte **14**, die an einem der entgegengesetzten axialen Enden des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** befestigt ist. Der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** wird hin- und herbewegt in seine axiale Richtung, sodass die bewegbare Druckplatte **14** in Richtung einer (nicht gezeigten) stationären Druckplatte und von dieser hin- und hergehend weg bewegt wird, die gegenüber der bewegbaren Druckplatte **14** angeordnet ist. Wie nach dem Stand der Technik gut bekannt ist, ist die bewegbare Druckplatte **14** mittels einer Vielzahl von (nicht gezeigten) Verbindungsstangen gestützt, sodass die bewegbare Platte **14** in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser weg entlang der Verbindungsstangen bewegt wird. Im Folgenden wird auf die linke Seite von **Fig. 1** als „eine zurückgezogene Seite“, Bezug genommen, während auf die rechte Seite von **Fig. 1** als „eine vorgeschobene Seite“, gemäß der Richtung der Bewegung der bewegbaren Druckplatte **14** Bezug genommen wird.

[0051] Genauer beschrieben weist die Formklemmvorrichtung des vorliegenden Ausführungsbeispiels des Weiteren einen Träger **16**, der an der Basis **10** angeordnet ist, und eine erste Kugelspindelwelle **18** auf, die sich in ihre axiale Richtung parallel zu der horizontalen Richtung erstreckt. Die erste Kugelspindelwelle **18** ist an einem ihrer axialen entgegengesetzten Enden (an ihrem linken Ende gemäß **Fig. 1**) durch den Träger **16** über ein Lager **19** gestützt, sodass die erste Kugelspindelwelle **18** an ihrer Achse drehbar ist, während sie in ihre Axialrichtung unbewegbar ist. Die erste Kugelspindelwelle **18** steht in Richtung einer axialen entgegengesetzten Seite des Trägers (rechte Seite gemäß **Fig. 1**) mit einer ausreichend großen axialen Länge vor und das gestützte untere Ende der ersten Kugelspindelwelle **18** steht ein wenig von dem Träger **16** vor. Das vorstehende untere Ende der ersten Kugelspindelwelle **18** ist mit einer verzahnten Scheibe **20** fixiert. Ein erster Servomotor **22** als ein Formantriebselektromotor ist an dem Träger **16** fixiert und die Ausgangswelle des ersten Servomotors **22** ist an einer verzahnten Scheibe **24** fixiert. Diese verzahnten Scheiben **20, 24** sind mechanisch miteinander durch einen Zahnriemen **25** verbunden, der um die äußeren Umfangsflächen der Riemenscheiben **20, 24** gewickelt ist, sodass die Drehung der ersten Kugelspindelwelle **18** erzeugt und durch die Rotation des ersten Servomotors **22** geregelt wird, die durch die Riemenscheiben **20, 24** und dem Zahnriemen **25** übertragen wird.

[0052] Der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** hat eine im Wesentlichen hohlzylindrische Gestalt und ist radial nach außen von dem rechten vorstehenden Abschnitt der ersten Kugelspindelwelle **18** mit einer vorgegebenen Beabstandung dazwischen angeordnet, um die äußere Umfangsfläche der ersten Kugelspindelwelle **18** zu bedecken. Der Formöffnungs- und -schließzylinder **12**, der coaxial zu der ersten Kugelspindelwelle **18** angeordnet ist, ist relativ zu der ersten Kugelspindelwelle **18** in axiale Richtung bewegbar. An dem offenen Ende der vorgeschobenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** ist ein zylindrisches Flanschmetallelement **28** eingesetzt, das eine axiale Länge hat, die kleiner als die des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** ist (im Wesentlichen die Hälfte der axialen Länge des Formöffnungs- und -schließzylinders **12**) bei diesem Ausführungsbeispiel. Das Flanschmetallelement **28** hat einen ringförmigen radialen Vorsprung **30**, der an einem seiner axial entgegengesetzten Enden ausgebildet ist, um axial nach außen vorzustehen. Der ringförmige radiale Vorsprung **30** ist an der einen axialen Endfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** überlagert und damit verschraubt. Das Flanschmetallelement **28** hat einen Innendurchmesser, der größer als der Außendurchmesser der ersten Kugelspindelwelle **18** ist, und hat einen Außendurchmesser, der kleiner als der Innendurchmesser des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** ist. Somit erstreckt sich die erste Kugelspindelwelle **18** durch eine Bohrung des Flanschmetallelements **28**, während der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** mit dem Flanschmetallelement **28** zusammenwirken, um dazwischen einen ringförmigen Zylinderaufnahmeraum **32** zu definieren, der in Richtung des offenen Endes der zurückgezogenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** offen ist. Der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** hat eine axiale Länge, die geringfügig größer als die des vorstehenden Abschnitts der ersten Kugelspindelwelle **18** von dem Träger **16** ist. Daher steht das offene Ende **26** der vorgeschobenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** axial nach außen von der entsprechenden axialen Endfläche der ersten Kugelspindelwelle **18** mit einer geringfügigen axialen Länge vor. An dem vorstehenden Endabschnitt des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** ist

eine bewegbare Druckplatte 14 befestigt.

[0053] Innerhalb der Bohrung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ist ein zylindrischer Kolben 34 eingepasst. Der zylindrische Kolben 34 hat eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt und ist in dichtem Kontakt mit der inneren Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 gehalten, sodass der zylindrische Kolben 34 in axiale Richtung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 hin- und herbewegbar ist. Die innere Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ist an seiner axialen zurückgezogenen Seite groß ausgeführt, um eine innere Umfangsfläche 36 großen Durchmessers auszubilden. Der zylindrische Kolben 34 hat eine Gleitfläche 38 großen Durchmessers, die an seinem axial entgegengesetzten Endabschnitt (linker Abschnitt gemäß Fig. 1) ausgebildet ist, wobei die Gleitfläche 38 gleitfähig und fluiddicht in die innere Umfangsfläche 36 großen Durchmessers des Formöffnungs- und -schließelements 12 eingepasst ist, sodass eine hydraulische Kammer 40 zwischen der inneren Umfangsfläche 36 großen Durchmessers und der äußeren Umfangsfläche des zylindrischen Kolbens 34 ausgebildet wird, sodass die hydraulische Kammer 40 einen im Wesentlichen ringförmigen Aufbau hat und der sich kontinuierlich in ihre axiale Richtung erstreckt. Diese hydraulische Kammer 40 hat ein Volumen, das durch die Hin- und Herbewegung der zylindrischen Kolben 34 innerhalb des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 vergrößert und verringert wird. Das Volumen der hydraulischen Kammer 40 wird durch die Bewegung des zylindrischen Kolbens 34 in Richtung der vorgeschobenen Seite (rechte Seite von Fig. 1) verringert und wird durch die Bewegung des zylindrischen Kolbens 34 in Richtung der zurückgezogenen Seite (der linken Seite von Fig. 1) vergrößert. In der Gleitschnittstelle zwischen der inneren Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 und der äußeren Umfangsfläche des zylindrischen Kolbens 34 ist eine Vielzahl von ringförmigen Abdichtungselementen 42 an den axial entgegengesetzten Endabschnitten des zylindrischen Kolbens 34 angeordnet, sodass die Abdichtungselemente 42 einander in axiale Richtung gegenüberstehen, wobei die hydraulische Kammer 40 dazwischengesetzt ist. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wirken der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 und der zylindrische Kolben 34 zusammen, um eine Druckerzeugungszyklervorrichtung zu bilden. Der axiale Endabschnitt der vorgeschobenen Seite des zylindrischen Kolbens 34 ist stets radial nach außen an dem Flanschmetallelement 28 angeordnet und steht in Gleitkontakt damit, sodass eine Vielzahl von Vorsprüngen 47, die an der inneren Umfangsfläche des zylindrischen Kolbens 34 ausgebildet sind, ständig im Eingriff mit einer Vielzahl von Vertiefungen 44 stehen, die an der äußeren Umfangsfläche des Flanschelements 28 ausgebildet sind. Das heißt, dass der zylindrische Kolben 34 und der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 zusammengebaut werden, sodass der zylindrische Kolben 34 relativ zu dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 axial bewegbar und radial unbewegbar ist.

[0054] Des Weiteren ist eine Spiralfeder 46 als eine Vorspannvorrichtung radial nach außen von dem Flanschmetallelement 28 angeordnet, das radial nach außen von dem zylindrischen Kolben 34 angeordnet ist. Die Spiralfeder 46 ist geeignet, um eine Vorspannkraft auf den zylindrischen Kolben 34 aufzubringen, sodass der zylindrische Kolben 34 an seiner vollständig zurückgezogenen Position zum Erhöhen des Volumens der hydraulischen Kammer 40 gehalten ist. Die vollständig zurückgezogene Position des zylindrischen Kolbens 34 ist durch einen Anstoßkontakt des zylindrischen Kolbens 34 mit einem radial nach innen gerichteten Vorsprung 50 definiert, der eine ringförmige Gestalt hat und an dem offenen Ende der zurückgezogenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 befestigt ist.

[0055] Außerdem steht eine erste Kugelmutter 48 im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle 18 und ist mit dem Endabschnitt der zurückgezogenen Seite des zylindrischen Kolbens 34 verschraubt. Die erste Kugelmutter 48 ist nämlich an dem zylindrischen Kolben 34 befestigt, sodass die erste Kugelmutter 48 in axiale Richtung innerhalb der Bohrung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 zusammen mit dem zylindrischen Kolben 34 bewegbar ist, während sie gestützt ist, um sich nicht an der Achse davon zu drehen. Die erste Kugelspindelwelle 18 wird durch den ersten Servomotor 22 gedreht, sodass die erste Kugelmutter 48 und der zylindrische Kolben 34, der an der ersten Kugelmutter 48 befestigt ist, in axiale Richtung bewegt werden, da die Rotation der ersten Kugelspindelwelle 18 in die längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle 18 und der ersten Kugelmutter 48 umgewandelt wird. Mit dem zylindrischen Kolben 34, der erzwungen an seiner vollständig zurückgezogenen Position platziert ist, um an seiner Ausgangsposition mittels der Spiralfeder 46 positioniert zu sein, wird die erste Kugelspindelwelle gedreht, um eine vorwärtsgerichtete Antriebskraft in axiale Richtung auf die erste Kugelmutter 48 aufzubringen. In diesem Zustand wird der zylindrische Kolben 34 an seiner Ausgangsposition gehalten und demgemäß wird der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 zusammen mit dem zylindrischen Kolben 34 in Richtung seiner vollständig vorgeschobenen Position bewegt, bis eine Widerstandskraft, die die Summe der hydraulischen Druckkraft der hydraulischen Kammer 40 und der Vorspannkraft der Spiralfeder 46 übersteigt, auf den Formöffnungs- und -schließzylinder 12 aufgebracht wird. In diesem Zustand wird die erste Kugelspindelwelle 18 in die rückwärtige Richtung gedreht und die Antriebskraft in die zurückgezogene Richtung wird auf die erste Kugelmutter 48 aufgebracht, sodass der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 und der zylindrische Kolben 34 zusammen in die axiale Richtung zurückgezogen werden, wobei der zylindrische Kolben 34 in Anstoßkontakt mit dem radial nach innen gerichteten Vorsprung 50 gehalten ist.

[0056] Durch die hin- und hergehende Bewegung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 in axiale Richtung, wie vorstehend beschrieben ist, wird die bewegbare Druckplatte, die an dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 befestigt ist, demgemäß hin- und herbewegt in axiale Richtung, um dadurch die Form zu öffnen und zu schließen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wirken die erste Kugelspindelwelle 18, die erste Kugelmutter 48 und der erste Servomotor 22 miteinander, um einen Formöffnungs- und -schließmechanismus der elektrischen Kugelspindelbauart zu bilden.

[0057] Wie in Fig. 2 dargestellt ist, weist die Formklemmvorrichtung des vorliegenden Ausführungsbeispiels eine hydraulische Einheit 52, die einen hydraulischen Schaltkreis bildet, der mit der hydraulischen Kammer 40 verbunden ist. Die hydraulische Einheit 52 weist ein erstes und ein zweites Solenoid-betätigtes Schaltventil 54, 56 auf, durch die die Kammer 40 alternativ in einem geschlossenen und einem geöffneten Zustand gehalten wird.

[0058] An der äußeren Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ist ein im Wesentlichen zylindrischer Formklemmzylinder 58 mit einer radialen Beabstandung dazwischen angeordnet. Der Formklemmzylinder 58 ist fest durch einen Träger 64 gestützt, der von der Basis vorsteht, sodass der Formklemmzylinder 58 die Bewegung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 nicht stört. Der Formklemmzylinder 58 hat einen Zylinderwandabschnitt, dessen Durchmesser allmählich in Richtung der vorgeschobenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 erhöht (insbesondere der Seite der bewegbaren Druckplatte 14), und einen Abdichtungsflansch 60 kleinen Durchmessers und ein Abdichtungsflansch 62 großen Durchmessers, die an den offenen Enden kleinen Durchmessers bzw. großen Durchmessers des Zylinderwandabschnitts befestigt sind.

[0059] Innerhalb des Formklemmzylinders 58 ist ein Formklemmpresskolben 66 zusammengebaut, um sich durch eine Bohrung des Formklemmzylinders 58 zu erstrecken. Der Formklemmpresskolben 66 hat einen Innendurchmesser, der größer als der Außendurchmesser des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ist, sodass der Formklemmpresskolben 66 radial nach außen von dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 mit einer geeigneten radialen Beabstandung dazwischen angeordnet ist, ohne die Bewegung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 zu stören. Außerdem hat der Formklemmpresskolben 66 einen Aufbau, der dem des Formklemmzylinders 58 mit einer geringfügig kleineren Abmessung ähnlich ist. Der Formklemmpresskolben 66 hat einen Presskolbenwandabschnitt 68, dessen Durchmesser sich allmählich in Richtung der vorgeschobenen Seite des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 vergrößert, und einen zylindrischen Abschnitt 70 kleinen Durchmessers bzw. einen zylindrischen Abschnitt 72 großen Durchmessers, die einstückig mit den axial entgegengesetzten Seiten des Presskolbenwandabschnitts ausgebildet sind.

[0060] Das heißt, dass der Formklemmpresskolben 66 gleitfähig innerhalb des Formklemmzylinders 58 bewegbar ist, sodass die Schnittstelle zwischen dem zylindrischen Abschnitt 70 kleinen Durchmessers des Formklemmpresskolbens 66 und dem Abdichtungsflansch 60 kleinen Durchmessers gleitfähig und fluiddicht durch ein ringförmiges Abdichtungselement 74 abgedichtet ist, das dazwischen zwischengesetzt ist, während eine Schnittstelle zwischen dem Zylinderabschnitt 72 großen Durchmessers des Formklemmpresskolbens 66 und dem Abdichtungsflansch 62 großen Durchmessers gleitfähig und fluiddicht durch das ringförmige Abdichtungselement 74 abgedichtet ist, dass dazwischen zwischengesetzt ist. Diese Anordnung schafft eine Formklemmkammer 76, die zwischen dem Formklemmzylinder 58 und dem Formklemmpresskolben 66 definiert ist, die sich in die Umfangsrichtung erstreckt. Der hydraulische Druck, der in der Formklemmkammer 76 erzeugt wird, wird auf den Formklemmpresskolben 66 so aufgebracht, dass der Formklemmpresskolben 66 in Richtung seiner vorgeschobenen Position in axiale Richtung des Formöffnungs- und -schließzylinders bewegt wird. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wirken der Formklemmzylinder 58 und der Formklemmpresskolben 66 zusammen, um eine Formklemmvorrichtung zu bilden.

[0061] Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Formklemmzylinder 58 geeignet, um einen zweiten Servomotor 78 zu stützen, der als ein elektrischer Positioniermotor verwendet wird, der dazu dient, axiale Positionen des Formklemmpresskolbens 66 und des Formklemmzylinders 58 relativ zueinander einzustellen und zu regeln.

[0062] Die Endfläche des zylindrischen Abschnitts 72 großen Durchmessers des Formklemmpresskolbens 66 ist mit einer Eingriffsvorrichtung 79 als eine Eingriffsvorrichtung befestigt. Die Eingriffsvorrichtung 79 hat ein Paar halbkreisförmiger Mutterhälften 80, 80, die einander in Durchmesserrichtung entgegengesetzt sind, und Führungsgehäuse 82, 82, die fest an dem Formklemmpresskolben 66 angeordnet sind, durch die die Mutterhälften 80, 80 in Durchmesserrichtung bewegbar und axial unbewegbar gestützt sind. Die Führungsgehäuse 82, 82 sind mit Zylindervorrichtungen 84 bzw. 84 fixiert, durch die die Mutterhälften 80, 80 in Richtung voneinander und voneinander weg bewegt werden, wodurch das Paar der Mutterhälften 80, 80 in Richtung des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 und davon wegbewegt werden.

[0063] Jede der Mutterhälften 80, 80 hat eine Innenfläche (insbesondere eine Fläche, die die der äußeren Umfangsfläche des Öffnungs- und Schließzylinders 12 entgegengesetzt ist), die mit einer Vielzahl von zweiten Eingriffsvorsprüngen 86 ausgebildet ist, die sich in die Umfangsrichtung der Mutterhälfte 80 mit einer gezackten Gestalt im Querschnitt erstrecken, und die voneinander gleichmäßig in axiale Richtung beabstandet sind.

Andererseits ist die äußere Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ebenso mit einer Vielzahl von ersten Eingriffsvorsprüngen 88, die sich in Umfangsrichtung davon erstrecken, mit einer gezackten Gestalt im Querschnitt entsprechend dem der ersten Vorsprünge ausgebildet, und die gleichmäßig voneinander in die axiale Richtung beabstandet sind.

[0064] Die ersten und die zweiten Vorsprünge 88, 86 sind ähnlich in axiale Richtung mit regelmäßigen Abständen angeordnet.

[0065] Wenn das Paar der Mutterhälften 80, 80 durch die jeweiligen Zylindervorrichtungen 84, 84 in der zurückgezogenen Position davon gehalten ist (insbesondere die Abschnitte, die von dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 in radiale Richtung entfernt sind), wird der Formklemmpresskolben 66 von dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 getrennt und kann frei in axiale Richtung ohne jegliche Beschränkung durch den Formklemmpresskolben 66 bewegt werden.

[0066] Nachdem der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 bis auf ein gewisses Ausmaß vorgeschoben ist, sodass die ersten Eingriffsvorsprünge 88, die an der äußeren Umfangsfläche des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 ausgebildet sind, den zweiten Eingriffsvorsprüngen 86, 86, die an der inneren Umfangsfläche der Mutterhälften 80, 80 mit einer radialen Beabstandung dazwischen ausgebildet sind, entgegengesetzt ist, wird das Paar der Mutterhälften 80, 80 durch die jeweilige Zylindervorrichtung 84, 84 in Richtung der vorgeschobenen Position davon bewegt, um die ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge 88, 86 miteinander in Eingriff zu bringen oder außer Eingriff zu bringen. In diesem Zustand wird der Formklemmpresskolben 66 einstückig mit dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 über die Eingriffsvorrichtung 79 so verbunden, dass der Formklemmpresskolben 66 in axiale Richtung relativ zu dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 unbewegbar ist. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Sensor 90, wie zum Beispiel ein Begrenzungsschalter, in der Nähe der Mutterhälften 80, 80 zum Erfassen der radialen Richtung der Mutterhälften 80, 80 angeordnet. Auf der Grundlage des Ausgangssignals des Sensors 90 wird ermittelt, ob die Mutterhälften 80, 80 und der Formöffnungs- und -schließzylinder 12 im Eingriff miteinander stehen oder nicht.

[0067] Bei durch die Eingriffsvorrichtung 79 miteinander im Eingriff stehenden Formklemmpresskolben 66 und dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 wird der in der hydraulischen Kammer 40 erzeugte hydraulische Druck auf die Formklemmkammer 66 übertragen, um dadurch den Formklemmpresskolben 66 in Richtung seiner vorgeschobenen Position zu bewegen, wobei der hydraulische Druck auf den Formklemmpresskolben 66 übertragen wird. Die hydraulische Antriebskraft, die auf den Formklemmpresskolben 66 aufgebracht wird, wird auf die bewegbare Druckplatte 14 übertragen, wobei dadurch eine Druckklemmkraft auf die bewegbare Druckplatte 14 aufgebracht wird.

[0068] Die hydraulische Einheit 52 der vorliegenden Erfindung ist zum Aufbringen des hydraulischen Drucks, der in der hydraulischen Kammer 40 erzeugt wird, auf die Pressklemmkammer 76 angeordnet, wobei dadurch ein hydraulischer Druck in der Formklemmkammer 76 erzeugt wird. Genauer beschrieben ist die hydraulische Kammer 40 mit der Pressklemmkammer 76 über das erste Solenoid-betätigte Schaltventil 54 verbunden. Das Schaltventil 54 wird zum Verbinden und zum Trennen zwischen den zwei Kammern 40 bzw. 76 geöffnet und geschlossen. Mit dem geöffneten Ventil 54 in seiner normalen Position (offene Position) und dem zweiten Ventil 56 in seiner Betriebsposition (geschlossene Position) wird ein geschlossener hydraulischer Schaltkreis ausgebildet. Unter dieser Bedingung wird die erste Kugelspindelwelle 18 gedreht, um die Antriebskraft, die der Vorspannkraft der Spiralfeder 46 widersteht, auf den zylindrischen Kolben 34 aufgebracht, wodurch die Vorschubbewegung des zylindrischen Kolbens 34 in axiale Richtung erzeugt wird. Die Vorschubgleitbewegung des zylindrischen Kolbens 34 verursacht die Kompression der Spiralfeder 46 in axiale Richtung, was eine Erhöhung des hydraulischen Drucks in der hydraulischen Kammer 40 ergibt. Somit wird der erhöhte hydraulische Druck in der hydraulischen Kammer 40 in die Formklemmkammer 76 durch das erste Solenoidventil 54 übertragen.

[0069] Auf einen Betrieb der Druckerzeugungszyklindervorrichtung 30 wird ein Öffnungs- und Schließbetrieb der ersten und zweiten Solenoid betriebenen Schaltventile 54, 56 geregelt, wodurch das Füllen des vorstehend genannten geschlossenen hydraulischen Schaltkreises mit dem hydraulischen Arbeitsfluid und das Ausstoßen von sich vermischender Luft aus dem geschlossenen hydraulischen Schaltkreis erleichtert ist. Diesbezüglich zeigt Fig. 2 ein Ablassventil 58, das angeordnet ist, um eine abnormale Erhöhung eines hydraulischen Drucks zu vermeiden, der durch Durchbrennen des Servosystems verursacht wird, und ein Entlüftungsventil 87 zum Entlüften der sich mischenden Luft.

[0070] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel hat der Formklemmpresskolben 66 der Formklemmkammer 76 eine Druckaufnahmefläche, die ausreichend im Vergleich mit der des zylindrischen Kolbens 34 der hydraulischen Kammer 40 vergrößert ist. Insbesondere ist die hydraulische Kammer 40 zwischen dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 und dem zylindrischen Kolben 34 mit einer relativ kleinen radialen Beabstandung dazwischen ausgebildet, wobei eine ausreichend verringerte Druckaufnahmefläche des zylindrischen Kolbens 34 sichergestellt wird. Daher wird der in der hydraulischen Kammer 40 erzeugte hydraulische Druck ausreichend in der Formklemmkammer 76 erhöht, was eine ausreichend erhöhte axiale Antriebskraft des Formklemmpresskolbens 66 ergibt, das heißt eine ausreichend erhöhte Formklemmkraft.

[0071] Die vorliegende Formklemmvorrichtung, die vorstehend beschrieben ist, wird geeignet betrieben, um

die Form zu öffnen oder zu schließen, und um die Form zu klemmen, zum Beispiel gemäß dem folgenden Verfahren.

[0072] Zunächst wird der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** auf seine zurückgezogene Position bewegt, bei der die Form offen ist, wie in **Fig. 1** gezeigt ist. Unter dieser Bedingung wird der erste Servomotor **22** betrieben, um die erste Kugelspindelwelle **18** in ihrer vorwärtsgerichteten Richtung zu drehen. Mit der Vorwärtsrichtung der ersten Kugelspindelwelle **18** werden der zylindrische Kolben **34** und der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** einstückig in Richtung der vorgerückten Position davon durch Verwenden der Vorspannkraft der Spiralfeder **46** bewegt, durch die der zylindrische Kolben **34** und der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** relativ zueinander positioniert werden. Die bewegbare Druckplatte **14** wird demgemäß in Richtung ihrer Formschließposition bewegt, wobei die bewegbare Druckplatte **14** nahe der (nicht gezeigten) stationären Druckplatte ist, um die Form dazwischen zu schließen. Während dieses Formschließbetriebs können die ersten und zweiten Solenoid betätigten Schaltventile **54**, **56** entweder offen oder geschlossen sein.

[0073] Nachdem die Form zwischen der stationären und der bewegbaren Druckplatte **14** geschlossen ist, wird die Zylindervorrichtung **84**, **84** betätigt, um die Mutterhälften **80**, **80** auf die vorgeschobene Position davon zu bewegen, um mit dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** einzugreifen. Nachfolgend wird die Solenoidspule des ersten Solenoid betätigten Schaltventils **54** abgeregelt, um das erste Schaltventil **54** für eine Fluidverbindung zwischen der hydraulischen Kammer **40** und der Formklemmkammer **76** zu öffnen, und die Solenoidspule des zweiten Solenoid betätigten Schaltventils **56** wird Energie beaufschlagt, um die hydraulische Kammer **40** und die Formklemmkammer **76** in dem geschlossenen hydraulischen Schaltkreis zu halten. Während die zwei Kammern **40**, **76** in Fluidverbindung miteinander in dem geschlossenen hydraulischen Schaltkreis stehen, nimmt der erste Servomotor **22** seinen Betrieb auf, um die erste Kugelspindelwelle **18** in die vorwärtsgerichtete Richtung zu drehen, um den zylindrischen Kolben **34** in Richtung seiner vorgeschobenen Position relativ zu dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** gleitend zu bewegen. Die Vorschubbewegung des zylindrischen Kolbens **34** verursacht einen Anstieg des hydraulischen Drucks in der hydraulischen Kammer **40**, der auf die Formklemmkammer **76** übertragen wird, wobei dadurch der hydraulische Druck in der Formklemmkammer **76** erhöht wird. Der erhöhte hydraulische Druck in der Formklemmkammer **76** wird auf den Formklemmpresskolben **66** aufgebracht, wodurch der Formklemmpresskolben **66** und der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** einstückig in Richtung der stationären Druckplatte bewegt werden, sodass die bewegbare Druckplatte zu der stationären Druckplatte gezwungen wird, um die dazwischen zwischengesetzte Form zu klemmen. Mit der Form, die gemäß der vorstehenden Beschreibung geklemmt ist, wird das Spritzgießen betrieben, um ein Produkt innerhalb der Form zu formen. Nachfolgend bezüglich des Spritzgießens wird der hydraulische Druck in der Formklemmkammer **76** wie folgt verringert: Anfänglich wird miteinander verbundener hydraulischer Kammer **40** und Formklemmkammer **76** in den geschlossenen hydraulischen Schaltkreis durch Abregeln des ersten Schaltventils **54** und durch Erregen des zweiten Solenoid-betätigten Ventils **56** der erste Servomotor **22** betrieben, um die erste Kugelspindelwelle **18** in ihre rückwärtsgerichtete Richtung zu drehen, um die bewegbare Druckplatte **14** in Richtung ihrer Formschließposition zu bewegen.

[0074] Dann werden die Zylindervorrichtungen **84**, **84** betrieben, um die Mutterhälften **80**, **80** in Richtung der zurückgezogenen Position davon zum Lockern des Eingriffs zwischen den Mutterhälften **80**, **80** und dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** bewegt. In dem vorstehend genannten geschlossenen hydraulischen Schaltkreis nimmt der erste Servomotor **22** seinen Betrieb auf, um die erste Kugelspindelwelle **18** in die rückwärts gerichtete Richtung zu drehen, wodurch der zylindrische Kolben **34** und der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** einstückig gleitend in Richtung der Formöffnungsposition davon bewegt werden, wobei sie die Form öffnen.

[0075] Bei der vorliegenden Formklemmvorrichtung ist es erforderlich, die Mutterhälften **80**, **80** mit dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** nach dem Formschließbetrieb und vor dem Formklemmbetrieb in Eingriff zu bringen oder zu verbinden. Eine unzureichende Positionierung der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge **80**, **86** relativ zueinander kann möglicherweise ein Versagen hinsichtlich des Eingriffs zwischen den ersten und zweiten Eingriffsvorsprüngen **88**, **86** verursachen. Für einen geeigneten Eingriff der Mutterhälften **80**, **80** und dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** kann der Betrieb zum Positionieren der zweiten Eingriffsvorsprünge **86**, **86** relativ zu den ersten Eingriffsvorsprüngen **88** unter Verwendung des zweiten Servomotors **78** geeignet gemäß zum Beispiel dem folgenden Verfahren geregelt werden.

[0076] Anfänglich wird die absolute Winkelposition des ersten Servomotors **22** zum Beispiel gemäß dem folgenden Verfahren ermittelt. Zuerst wird eine Versuchsform, die aus einem Paar Formhälften in der Gestalt eines metallischen Blocks besteht, an der stationären bzw. der bewegbaren Druckplatte fixiert. Die Versuchsform hat eine Dicke als eine minimale Bezugsformdicke, die kleiner als die einer eingesetzten Form ausgeführt ist, die an diese Druckplatten bei dem Formbetrieb befestigt werden soll. Nachfolgend wird der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** entweder durch einen manuellen Betrieb oder einen Betrieb verringerter Drehzahl vorgeschoben, bis die Formhälften in einen Anstoßkontakt miteinander an der Formschließposition gebracht sind. Bei geschlossener Form wird eine Formschließposition der bewegbaren Druckplatte als eine Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte erfasst und eine Winkelposition des ersten Servomotors **22** wird ebenso erfasst

und als eine neutrale Winkelposition (0,00 mm) des ersten Servomotors **22** gespeichert. ② Dann wird die vollständig zurückgezogene Position des Formklemmpresskolbens **66** (mechanische Grenze seiner zurückgezogenen Bewegung), der durch den zweiten Servomotor **78** bewegt wird, auf der Grundlage der vollständig vorgeschobenen Position des Formklemmpresskolbens **66** (mechanische Grenze seiner vorgeschobenen Bewegung) als eine mechanische Nullposition des Formklemmpresskolbens **66** gemessen und die Messung A (mm) wird gespeichert. ③ Unter der Bedingung, dass der Formöffnungs- und -schließzylinder **12** auf seiner Formschließposition gehalten wird, insbesondere dass der erste Servomotor **22** auf seiner neutralen Winkelposition gehalten wird, und dass der Formklemmpresskolben **66** in seiner vollständig zurückgezogenen Position gehalten wird, wird die axiale Position der zweiten Eingriffsvorsprünge **86** der Mutterhälften **80, 80** relativ zu den ersten Eingriffsvorsprüngen **88** des Formöffnungs- und -schließzylinders **12** mechanisch fein eingestellt, sodass die ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge **88, 86** miteinander in Eingriff gebracht werden. Eine solche mechanische Feineinstellung wird durch Einstellen einer Fixierposition der Mutterhälften **80, 80** relativ zu dem Formklemmpresskolben **66** in axiale (Formklemm-) Richtung oder alternativ durch Einstellen einer Fixierposition des Formklemmzylinders **58** relativ zu dem Träger **64** in axiale (Formklemm-) Richtung beispielsweise ausgeführt. Diesbezüglich können diese Fixierpositionen der Mutterhälften **80, 80** und des Formklemmzylinders **58** mittels Einstellschrauben oder dergleichen zum Beispiel geändert oder eingestellt werden.

[0077] Nachfolgend wird eine gewünschte Winkelposition des zweiten Servomotors **78** zum Regeln der Position des Formklemmpresskolbens **66** so berechnet, dass die ersten und zweiten Vorsprünge **88, 86** vollständig in Eingriff miteinander stehen. Die gewünschte Winkelposition des zweiten Servomotors **78** wird zum Beispiel wie folgt berechnet: ① Zuerst wird der gewünschte Bereich des Betrags der axialen Verschiebung des Formklemmpresskolbens **66** gemäß den folgenden Gleichungen berechnet: (1) und (2). ? Dann wird die gewünschte Winkelposition des zweiten Servomotors **78** berechnet, um den Formklemmpresskolben **66** an einer gewünschten axialen Position (X mm) zum Sicherstellen des vollständigen Eingriffs der ersten und zweiten Vorsprünge **88, 86** gemäß einem in einem Flussdiagramm von Fig. 4 dargestellten Regelungsablauf zu platzieren.

$$F = E + B$$

(1)

$$E < D \leq F$$

(2)

[0078] Diesbezüglich ist D (mm) der gewünschte Bereich des Betrags der axialen Verschiebung des Formklemmpresskolbens **66**. Der Formklemmpresskolben **66** ist mechanisch um seine Hublänge bewegbar: A (mm) ist zwischen seiner vollständig zurückgezogenen Position und seiner vollständig vorgeschobenen Position relativ zu dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12** definiert. Für die eigentliche Umsetzung der Positionierung der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge **88, 86** ist es ausreichend, wenn sich der Formklemmpresskolben **66** nur um einen Betrag eines Abstands bewegt: B (mm) der zweiten Eingriffsvorsprünge **86** (der ersten Eingriffsvorsprünge **88**) relativ zu dem Formöffnungs- und -schließzylinder **12**, sodass der Wert von B auf den gewünschten Wert D gesetzt ist. E (mm) ist ein Minimalwert von D, der unter Berücksichtigung einer Menge einer Verlängerung einer Verbindungsstange aufgrund des Klemmens der Form ermittelt wird. Das heißt, dass die Aufbringung der Formklemmkraft auf die bewegbare Druckplatte **14** die Verlängerung der Verbindungsstangen bewirken kann, die den Träger **64** verbinden, der die hintere Druckplatte und die stationäre Druckplatte (nicht gezeigt) bildet, was einen Anstieg eines Abstands zwischen dem Träger **64** und der (nicht gezeigten) stationären Druckplatte ergibt, insbesondere eines Abstands zwischen dem Formklemmzylinder **58** und der bewegbaren Druckplatte **14** im Vergleich mit dem bei dem Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge **88, 86**. Um eine effektive Formklemmkraft zu erzeugen, ist es erforderlich, dieses Inkrement hinsichtlich des axialen Abstands zwischen dem Formklemmzylinder **58** und der bewegbaren Druckplatte **14** zu dem Hubabstand des Formklemmpresskolbens **66** in der vorgeschobenen Richtung zu addieren. F (mm) ist ein Maximalwert von D, der gemäß der vorstehend genannten Gleichung (1) berechnet wird, vorausgesetzt, dass der Wert von F kleiner als der Wert von A ist.

[0079] Unter Bezugnahme auf Fig. 4(a) wird die vorstehend beschriebene Berechnung auf der Grundlage spezifischer Werte, die in der folgenden Tabelle gezeigt sind, eines Beispiels der vorliegenden Formklemmvorrichtung beispielhaft beschrieben.

[TABELLE 1]

DETAILS	SYMBOLE	WERTE (mm)
Mechanische Grenze der axialen Verschiebung des Presskolbens 66	A	20,00
Abstand der ersten oder zweiten Eingriffsvorsprünge 88, 86	B	12,00
Minimalbezugsformdicke	C	200,00
Minimalwert des gewünschten Bereichs: D des Betrags der axialen Verschiebung des Presskolbens 66	E	6,00
Formdicke der eingesetzten Form	G	234,56

$$F = E + B = 6,00 + 12,00 = 18,00(\text{mm})$$

$$H = G - C = 234,56 - 200,00 = 34,56(\text{mm})$$

$$H/B = 34,56/12,00 = 2 \text{ mit einem Merk- bzw. Hilfswert von } 10,56$$

$$\therefore J = 10,56(\text{mm})$$

$$K = A - B = 20 - 12 = 8,00$$

$$O < K, \text{ daher}$$

$$K = 8,00 - 12,00 = -4,00(\text{mm})$$

$$L = J + K = 10,56 - 4 = 6,56(\text{mm})$$

$$E < L, \text{ daher}$$

$$X = L = 6,56(\text{mm})$$

[0080] Wie in Fig. 4(a) dargestellt ist, wird der Formklemmpresskolben 66 von seiner mechanischen Nullposition zu seiner vollständig zurückgezogenen Position um den Betrag von $X = 6,56 \text{ mm}$ bewegt, wobei dadurch der Eingriff der ersten Eingriffsvorsprünge 88 des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 und der zweiten Eingriffsvorsprünge 86, 86 der Mutterhälften 80, 80 sichergestellt wird, wenn die bewegbare Druckplatte 14 auf ihrer Formschließposition platziert ist.

[0081] Außerdem kann der Betrieb der gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel konstruierten Formklemmvorrichtung durch Verwenden eines Drucksensors 92 geregelt werden, wie zum Beispiel in Fig. 2 gezeigt ist. Genauer gesagt wird das Ausgangsdrehmoment des ersten Servomotors 22 auf der Grundlage der hydraulischen Druckkraft der hydraulischen Kammer 40 und der Formklemmkammer 76, die durch den Drucksensor 92 erfasst wird, Feedback geregelt (rückführ geregelt), was eine verbesserte Genauigkeit der Regelung des Betriebs der Vorrichtung ergibt.

[0082] Wie Fig. 5 entnehmbar ist, weist das Ausgangsdrehmoment des Servomotors 22 ein Anfangsausgangsdrehmoment, das einer Kraft, die der Vorspannkraft der Spiralfeder 76 quer steht, zusätzlich zu einem Ausgangsdrehmoment, das der hydraulischen Druckkraft entspricht, das als die Formklemmkraft wirkt, auf. Das bedeutet, dass der Formklemmdruck unter Berücksichtigung des Anfangsdrehmoments des ersten Servomotors 22 geregelt wird.

[0083] Gemäß dem Betrieb der Formklemmvorrichtung des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird der Formklemmdruck nach dem Spritzgussbetrieb verringert. Der Formklemmdruckverringerbetrieb wird durch Regeln des Ausgangsdrehmoments des ersten Servomotors 22 ausgeführt, wobei dadurch eine abrupte

Änderung des hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer 76 vermieden oder abgeschwächt wird, was einen nicht wünschenswerten Stoß verursachen kann. Zum effektiven Verringern des Formklemmdrucks in der Formklemmkammer 76 kann das Ausgangsdrehmoment des ersten Servomotors 22 vorzugsweise wie folgt geregelt werden: Der Wert des Ausgangsdrehmoments des ersten Servomotors 22 wird nämlich allmählich von einem Wert M, der bei dem Formklemmbetrieb erzeugt wird, auf einen Wert TO verringert, der erzeugt wird, wenn der Formklemmdruckverringeringbetrieb beendet ist, mit einer vielzähligen Anzahl N von Betriebsschritten innerhalb eines vorbestimmten Zeitraums t. Unter Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 ist eine Grafik gezeigt, die eine Änderung des Ausgangsdrehmoments des ersten Servomotors 22 zeigt, der durch einen vierstufigen Regelbetrieb geregelt wird, und ein Zeitablaufdiagramm zum Darstellen der Schritte des Formklemmbetriebs des vorliegenden Ausführungsbeispiels, wobei das Ausgangsdrehmoment des ersten Servomotors 22 durch den vierstufigen Regelbetrieb beispielhaft geregelt wird. In Fig. 7 wird ein „Eingriffsvorrichtungslöckerungsvorgang, zum Bewegen der Mutterhälften 80, 80 entfernt von dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 ausgeführt.

[0084] Alternativ kann der erste Servomotor 22 auf der Grundlage seiner Drehzahl zum Verringern des Formklemmdrucks geregelt werden. Insbesondere wird der erste Servomotor 22 in die rückwärtsgerichtete Richtung aufgrund der Erfassung des Eingangssignals gedreht, das den Beginn des Formklemmdruckverringeringbetriebs anzeigt. Die Drehzahl V des ersten Servomotors 22 wird während einer vorbestimmten Zeitdauer t geregelt, die zum Verringern des Formklemmdrucks erforderlich ist, wodurch der Formklemmdruck wirksam verringert wird. Es ist wünschenswert, dass der Wert V der Drehzahl des ersten Servomotors 22 die Anzahl der Regelschritte und die Zeitdauer für jeden Regelschritt einstellbar ausgeführt sind. Der Formklemmdruckverringeringbetrieb kann anderenfalls so angeordnet sein, dass der Formklemmdruckverringeringvorgang unmittelbar beendet ist, wenn die Messung des Wertes P des Formklemmdrucks einen vorbestimmten Wert p erreicht, der zum Beenden des Formklemmdruckverringeringbetriebs auch dann ausreichend ist, wenn die vorbestimmte Zeitdauer t, die für den Formklemmdruckverringeringbetrieb erforderlich ist, nicht vergangen ist.

[0085] Fig. 8 ist ein Zeitablaufdiagramm, das die Regelschritte des Formklemmbetriebs des vorliegenden Ausführungsbeispiels darstellt, wobei die Drehzahl des ersten Servomotors 22 durch einen vierstufigen Regelbetrieb beispielhaft geregelt ist.

[0086] Unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und 10 ist eine teilgeschnittene Draufsicht einer Formklemmvorrichtung gezeigt, die gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel konstruiert ist, bzw. eine vergrößerte Schnittansicht eines prinzipiellen Teils der Formklemmvorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Die Formklemmvorrichtung weist stationäre und hintere Druckplatten 102, 104 auf, die einzeln fest durch eine Basis 100 der Spritzgussmaschine gestützt sind, sodass sie einander gegenüber und voneinander entfernt sind. Wie bei der Formklemmvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels erstrecken sich vier Verbindungsstangen 106 parallel zueinander über die stationären und hinteren Druckplatten 102, 104 und eine bewegbare Druckplatte 108 ist durch die vier Verbindungsstangen 106 gestützt, um entlang der Verbindungsstangen 106 zwischen der stationären Druckplatte 102 und der hinteren Druckplatte 104 bewegbar zu sein.

[0087] Zwischen den hinteren und bewegbaren Druckplatten 104, 108 ist eine Antriebseinheit angeordnet, die von einem elektrischen Motor angetrieben ist, durch die die bewegbare Druckplatte 108 in Richtung der stationären Druckplatte 102 und von dieser weg bewegt wird. An die stationären und bewegbaren Druckplatten 102, 108 sind jeweils stationäre und bewegbare Formhälften einer Form (nicht gezeigt) angebracht. Durch hin- und hergehende Bewegung der bewegbaren Druckplatte wird die bewegbare Druckplatte in Richtung der stationären Druckplatte bewegt, um die Klemme der Form zu schließen, und wird von der stationären Druckplatte bewegt, um die Form zu öffnen.

[0088] Eine spezifische Konstruktion der Antriebseinheit der Elektromotorbauart des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird beschrieben.

[0089] Die Antriebsvorrichtung weist ein Paar von Formöffnungs- und -schließmechanismen einer elektrischen Kugelspindelbauart 110, 110 auf. Die Formöffnungs- und -schließmechanismen 110, 110 sind entgegengesetzt zueinander in eine Richtung senkrecht zu der Mittenachse der hinteren und der bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet. In ähnlicher Weise sind die Druckerzeugungszylindervorrichtungen 112, 112 zueinander entgegengesetzt in dieselbe Richtung ausgerichtet. Die Antriebsvorrichtung weist des Weiteren eine Formklemmzylindervorrichtung 114 auf, die radial nach außen von der Mittenachse der hinteren und der bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet ist. Bei der Antriebsvorrichtung des vorliegenden Ausführungsbeispiels sind die Formöffnungs- und -schließmechanismen 110, 110 geeignet, um die bewegbare Druckplatte 108 in Richtung der stationären Druckplatte 102 und von dieser weg mit einer relativ hohen Geschwindigkeit zu bewegen, während die Druckerzeugungszylindervorrichtungen 112, 112 und die Formklemmzylindervorrichtung 114 geeignet ist, um eine ausreichend große Formklemmkraft zwischen der bewegbaren und der stationären Druckplatte 108, 102 aufzubringen.

[0090] Genauer beschrieben weisen die Formöffnungs- und -schließmechanismen 110, 110 Folgendes auf: Erste Servomotoren 116, 116 als Formantriebsmotor, die an den horizontal entgegengesetzten Seiten der hinteren Druckplatten 104 angeordnet sind, um sich parallel zu der Bewegungsrichtung der bewegbaren

Druckplatten **108** zu erstrecken, insbesondere der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte **108**.

[0091] Jede der ersten Kugelspindelwellen **118**, **118** ist an ihrem axialen Ende der vorgeschobenen Seite durch die bewegbare Druckplatte **108** gestützt, sodass die erste Kugelspindelwelle **118** an ihrer Achse drehbar und in axialer Richtung unbewegbar ist. Die ersten Kugelspindelwellen **118**, **118** sind an den Ausgangswellen des ersten Servomotors **116** bzw. **116** befestigt. Jeder der ersten Servomotoren **116** hat eine Kodiereinrichtung **120** zum Erfassen eines Betrags seiner Drehung.

[0092] Jeder Formöffnungs- und -schließmechanismus **110** weist des Weiteren eine erste Kugelmutter **122**, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle **118** steht und an der Seite der hinteren Druckplatte angeordnet ist, auf. Die ersten Kugelmutter **122**, **122** sind jeweils durch die Druckerzeugungszyklindervorrichtungen **112**, **112** gestützt, die an jeweiligen Seiten der hinteren Druckplatte **104** befestigt sind.

[0093] Jede der Druckerzeugungszyklindervorrichtung **112** weist einen zylindrischen Druckerzeugungszyklinder **124** und einen Druckerzeugungskolben **126** auf, der innerhalb einer Bohrung des Druckerzeugungszyklinders **124** hin- und herbewegbar ist. Die äußere Umfangsfläche des Druckerzeugungskolbens **126** und die innere Umfangsfläche des Druckerzeugungszyklinders **124** wirken zusammen, um dazwischen eine Druckerzeugungskammer **128** zu definieren. Die Druckerzeugungszyklindervorrichtung **112** ist für die Bewegung des Druckerzeugungskolbens **126** in einer Richtung entfernt von der bewegbaren Platte **108** oder in Richtung des linken Endes des Druckerzeugungszyklinders **124** gemäß Fig. 9 angeordnet, um das Volumen der Druckerzeugungskammer **128** zu verringern.

[0094] Die Druckerzeugungszyklindervorrichtungen **112** weist des Weiteren eine Spiralfeder **130** auf, die zwischen den Druckerzeugungszyklinder **124** und den Kolben **126** zwischengesetzt ist. Die Spiralfeder **130** ist geeignet, um eine Vorspannkraft auf den Druckerzeugungskolben **126** so aufzubringen, dass der Druckerzeugungskolben **126** gezwungenermaßen an dem rechten axialen Ende des Zylinders **124** gemäß Fig. 9 platziert wird, wodurch das Volumen der Druckerzeugungskammer **128** maximiert wird. Um den Druckerzeugungskolben **126** auf seiner zurückgezogenen Position mit einer hohen Stabilität zu halten, ist ein Sperrzylinder **132** als eine Sperreinrichtung an dem Druckerzeugungszyklinder **124** angeordnet. Genauer gesagt weist der Sperrzylinder **132** einen Sperrstift **134** auf, der hin- und herbewegbar innerhalb einer Bohrung davon ist. Der Sperrstift **134** steht in Richtung des Druckerzeugungskolbens **126** durch ein Durchgangsloch vor, das an einer äußeren Umfangsfläche des Druckerzeugungszyklinders **124** ausgebildet ist, und ist in Richtung des Druckerzeugungskolbens **126** und davon wegbewegbar. Somit wird der Sperrstift **134** in Eingriff mit dem Druckzylinderkolben **126** und außer Eingriff damit gebracht. Mit dem Sperrstift **134** im Eingriff mit dem Druckerzeugungskolben **126** wird der Druckerzeugungskolben **126** auf seiner zurückgezogenen Position mit einer hohen Stabilität gehalten. Diesbezüglich kann der Sperrzylinder **132** vorzugsweise als ein Luftzylinder ausgebildet sein.

[0095] Der Druckerzeugungskolben **126** ist ein Hohlzylinderelement mit einer Bohrung **136**, wobei die erste Kugelmutter **122** verschraubt ist. Somit ist die erste Kugelspindelwelle **118** bewegbar innerhalb der Bohrung **136** des Druckerzeugungskolbens **126** und einer Bohrung des Druckerzeugungszyklinders **124** angeordnet und erstreckt sich dort hindurch.

[0096] Mit dem Sperrzylinder **132** im Eingriff mit dem Druckerzeugungskolben **126** wird der erste Servomotor **116** betrieben, um die erste Kugelspindelwelle **118** zu drehen. Die Drehung der ersten Kugelspindelwelle **118** relativ zu der ersten Kugelmutter **122** wird in eine längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle **118** so umgewandelt, dass eine Antriebskraft zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte **109**, **108** in eine Richtung aufgebracht wird, in die die zwei Druckplatten **104**, **108** einander gegenüberstehen. Demgemäß wird die bewegbare Druckplatte **108** in Richtung der stationären Druckplatte **102** und davon wegbewegt, um dabei die Form dazwischen zu öffnen und zu schließen.

[0097] Mit dem Sperrzylinder **132** außer Eingriff von dem Druckerzeugungskolben **126** wird andererseits der erste Servomotor **116** betrieben, um die erste Kugelspindelwelle **118** relativ zu der ersten Kugelmutter **112** zu drehen. Für diesen Fall verursacht die längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle **118** und der Mutter **122** die Gleitbewegung des Druckerzeugungskolbens **126** gegen die Vorspannkraft der Spiralfeder **130**, wodurch das Volumen der Druckerzeugungskammer **128** zum Erzeugen eines hydraulischen Drucks darin verringert wird. Der erzeugte hydraulische Druck in der Druckerzeugungskammer **128** wird auf die Formklemmzylindervorrichtung **114** aufgebracht, wodurch die Formklemmzylindervorrichtung **114** angetrieben wird, um die Formklemmkraft zwischen der bewegbaren und der stationären Druckplatte **108**, **102** aufzubringen.

[0098] Die Formklemmzylindervorrichtung **114** ist einstückig mit der hinteren Druckplatte **104** ausgebildet und weist einen Formklemmzylinder **138** auf, dessen Mittenachse mit der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte **108** ausgerichtet ist, und einen Formklemmpresskolben **142**, der gleitfähig innerhalb einer Bohrung **140** des Formklemmzylinders **138** bewegbar ist. Wie bei der Formklemmvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels wirken der Formklemmzylinder **138** und der Formklemmpresskolben **142** zusammen, um dazwischen eine Formklemmkammer **144** zu definieren.

[0099] Wie bei der Formklemmvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels ist eine Eingriffsvorrichtung **146** an die Endseite großen Durchmessers des Formklemmpresskolbens **142** fixiert. Die Eingriffsvorrichtung **146** weist ein Paar Mutterhälften **148**, **148** auf, die einander in Durchmesserrichtung gegenüberstehen und innere

Umfangsflächen haben, die mit einer Vielzahl erster Eingriffsvorsprünge 147 ausgebildet sind, die sich in ihre Umfangsrichtung erstrecken und voneinander in axiale Richtung mit konstanten Abständen beabstandet sind, und ein Paar Zylindervorrichtungen 150, 150, die geeignet sind, um die Mutterhälften 148, 148 in Durchmesser-richtung zu bewegen. Der Formklemmpresskolben 142 hat eine Bohrung 152, die sich in seine axiale Richtung erstreckt und an den Endseiten der Abschnitte großen und kleinen Durchmessers 142a, 142b offen ist. Ein mechanischer Presskolben 154 ist an einem seiner axial entgegengesetzten Endabschnitten an einer axialen Endseite der bewegbaren Druckplatte 108 befestigt, die von der stationären Druckplatte 102 entfernt ist, und erstreckt sich in eine Richtung, die von der stationären Druckplatte 102 entfernt ist, durch die Bohrung 152.

[0100] Wie bei dem Formöffnungs- und -schließzylinder 12 des ersten Ausführungsbeispiels ist ein mechanischer Presskolben 154 ein Hohlzylinderelement und ist bezüglich der bewegbaren Druckplatte 108 so positioniert, dass die Mittenachse des mechanischen Presskolbens 154 mit der geraden Linie ausgerichtet ist, die durch die Mitte der bewegbaren Druckplatte 108 verläuft. Der mechanische Presskolben 154 ist mit einer Vielzahl von zweiten Eingriffsvorsprüngen 156 ausgebildet, die jeweils eine gezackte Querschnittsgestalt haben, die in axiale Richtung mit regelmäßigen Abständen angeordnet sind. Die ersten Eingriffsvorsprünge 147, 147 der Mutterhälften 148, 148, sind mit den zweiten Eingriffsvorsprüngen 156 des mechanischen Presskolbens 154 eingreifbar. Während die ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge 147, 147, 156 einstückig und gewzungenenmaßen im Eingriff miteinander sind, wird der erste Servomotor 116 betrieben, um die erste Kugelspindelwelle 118 relativ zu der ersten Kugelmutter 122 zum Erzeugen der Vorschubbewegung des Druckerzeugungskolbens 126 zu drehen, um den hydraulischen Druck in der Druckerzeugungskammer 128 zu erhöhen. Der erzeugte hydraulische Druck in der Druckerzeugungskammer 128 wird auf die Formklemmkammer 144 übertragen, wodurch der Formklemmpresskolben 142 in Richtung der bewegbaren Druckplatte 108 auf der Grundlage des erhöhten hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer 144 bewegt wird. Die Vorschubbewegung des Formklemmpresskolbens 142 wird durch den mechanischen Presskolben 154 auf die bewegbaren Druckplatte 108 übertragen, wodurch die Formklemmkraft zwischen den bewegbaren und stationären Druckplatten 108, 102 aufgebracht wird.

[0101] Bezüglich der hydraulischen Einheit 52 zum Regeln der Strömung des Arbeitsfluids zwischen der Druckerzeugungszylindervorrichtung 112 und der Formklemmzylindervorrichtung 114, wie in Fig. 9 gezeigt ist, werden die bei dem ersten Ausführungsbeispiel verwendeten Bezugszeichen verwendet, um die entsprechenden Elemente zu nennen, und keine Beschreibung dieser Elemente ist vorgesehen.

[0102] Wie in Fig. 10 gezeigt ist, ist der mechanische Presskolben 154 ebenso ein Hohlzylinderelement. Innerhalb einer Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 ist eine Auswerferkugelspindelwelle 160 als eine zweite Kugelspindelwelle angeordnet, um sich dort hindurch zu erstrecken. Die Auswerferkugelspindelwelle 160 ist an einem von axial entgegengesetzten Enden (insbesondere an dem rechten Ende) durch den mechanischen Presskolben 154 durch ein Lager 164 so gestützt, dass die Auswerferkugelspindelwelle 160 an ihrer Achse drehbar ist, während sie in axiale Richtung unbewegbar ist. Die Auswerferkugelspindelwelle 160 steht des Weiteren aus dem mechanischen Presskolben 154 in Richtung der bewegbaren Druckplatte 108 mit einer vorgegebenen axialen Länge vor. Ein vorstehendes Ende 166 wirkt als eine Kugelspindelwelle. Eine Auswerferkugelmutter 168 als eine zweite Kugelmutter steht im Gewindeeingriff mit dem vorstehenden Ende 166, während es an einer Auswerferplatte 170 befestigt ist, die in die bewegbare Druckplatte 108 eingebaut ist. Die Auswerferplatte 170 hat eine geeignete Anzahl vom Ausspitzstiften 172, die geeignet sind, ein Formprodukt aus der Form nach dem Formöffnungsvorgang auszuwerfen, wie nach dem Stand der Technik gut bekannt ist.

[0103] An dem anderen axialen Ende der Auswerferkugelspindelwelle 160 (insbesondere dem linken Ende gemäß Fig. 10) ist andererseits die Ausgangswelle eines Auswerferservomotors 162 als ein Auswerfer elektromotor 162 innerhalb der Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 angeordnet und mit dem Abschnitt axial offenen Endes des mechanischen Presskolbens 154 verschraubt. Die Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 ist an ihrem rechten axialen Ende zu der Atmosphäre durch ein Verbindungsloch 174 offen, das durch einen Basisabschnitt des Lagers 164 ausgebildet ist, während sie an ihrem linken axialen Ende zu der Atmosphäre durch einen Hohlraum 176 offen ist, der zwischen der äußeren Umfangsfläche des Auswerferservomotors 162 und der Bohrung 158 ausgebildet ist, und ein Loch 178, das durch einen Flanschabschnitt 179 des Auswerferservomotors 162 ausgebildet ist. Das Vorsehen des Verbindungslochs 174, des Hohlraums 176 und des Lochs 178 unterstützt die Ventilation bzw. die Belüftung der Bohrung 158 aufgrund der Hin- und Herbewegung des mechanischen Presskolbens 154.

[0104] Der Auswerferservomotor 162 wird betrieben, um die Auswerferkugelspindelwelle 160 relativ zu der Auswerferkugelmutter 168 zu drehen, was eine geradlinige Bewegung der Auswerferkugelmutter 168 in axiale Richtung verursacht. Durch die geradlinige Bewegung des Auswerferstifts 172 in axiale Richtung wird die Auswerferplatte 170 in Richtung der bewegbaren Druckplatte 108 und von dieser wegbewegt, was eine Vorschub- und Rückzugbewegung des Auswerferstifts 172 in axiale Richtung gestattet.

[0105] Daher ist die Formklemmvorrichtung, die gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel konstruiert ist, in der Lage, wünschenswerte Wirkungen wie die Formklemmvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels zu er-

zielen. Das heißt, dass die Formklemmvorrichtung der vorliegenden Erfindung einen Formöffnungs- und -schließvorgang mit einer relativ hohen Geschwindigkeit aufgrund der geradlinigen Bewegung der Formöffnungs- und -schließmechanismen 110, 110 gestattet, die direkt auf die bewegbare Druckplatte 108 aufgebracht sind. Die Formklemmvorrichtung ist ebenso in der Lage, eine ausreichend große Formklemmkraft auf die bewegbare Druckplatte 108 auf der Grundlage einer erhöhten hydraulischen Druckkraft aufzubringen, die durch Verwenden der hydraulischen Einheit einschließlich der Druckerzeugungszylindervorrichtungen 112, 112 und der Formklemmzylindervorrichtung 114 erzeugt wird.

[0106] Gemäß der Formklemmvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels ist die erste Kugelspindelwelle 118 direkt mit der Ausgangswelle des Servomotors 116 in jedem Formöffnungs- und -schließmechanismus 110 verbunden. Diese Anordnung gestattet eine Verringerung des Geräuschs und eine verbesserte Genauigkeit der Positionsregelung jeder Kugelspindelwelle 118 im Vergleich mit dem Fall, dass die erste Kugelspindelwelle und die Ausgangswelle des Servomotors mit einem geeigneten Übertragungselement wie zum Beispiel einem Riemen verbunden sind.

[0107] Außerdem ist die Formklemmvorrichtung, die gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel konstruiert ist, so angeordnet, dass ein Formöffnungs- und -schließmechanismus 110 und eine Druckerzeugungszylindervorrichtung 112 an einer Seite der hinteren und der bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet sind, während der andere Formöffnungs- und -schließmechanismus 110 und die andere Druckerzeugungszylindervorrichtung 112 an der anderen Seite der hinteren und der bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet sind. Des Weiteren sind die ersten Servomotoren 116, 116 durch die bewegbaren Druckplatte 108 gestützt. Bei dieser Anordnung ist die axiale Länge der Formklemmvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels kleiner als die der Formklemmvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels, was eine Verringerung der Größe der Formklemmvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels ergibt.

[0108] Bei der Formklemmvorrichtung des zweiten Ausführungsbeispiels ist der Druckerzeugungskolben 126 der Druckerzeugungszylindervorrichtung 112 auf seiner zurückgezogenen Position gehalten, während die bewegbare Druckplatte 108 in Richtung der stationären Druckplatte 102 und von dieser wegbewegt wird, mittels des Sperrstifts 134, der direkt mit der äußeren Umfangsfläche des Druckerzeugungskolbens 126 im Eingriff steht, ebenso wie mit der Vorspannkraft der Spiralfeder 130. Diese Anordnung stellt eine weitere verbesserte Stabilität des Formöffnungs- und -schließvorgangs sicher.

[0109] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel sind eine Formöffnungs- und -schließmechanismus 110 und eine Druckerzeugungszylindervorrichtung 112 an einer der entgegengesetzten Seiten der hinteren und bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet, während der andere Formöffnungs- und -schließmechanismus 110 und der andere Druckerzeugungszylinder 112 an den anderen Seiten der hinteren und der bewegbaren Druckplatte 104, 108 angeordnet ist, sodass die Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 wirksam zum Unterbringen des elektrisch betriebenen Auswerfermechanismus der Kugelspindelbauart genutzt werden kann. Diese Anordnung gestattet sowohl eine Elektrifizierung des Auswerfermechanismus als auch eine effektive Anordnung der Bauteile der Vorrichtung mit einer verbesserten Raumnutzung.

[0110] Darüber hinaus ist der Innenraum der Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 zu der Atmosphäre durch das Verbindungsloch 174 offen, das in einem der entgegengesetzten axialen Enden des mechanischen Presskolbens 154 ausgebildet ist, und der Hohlraum 176 und das Loch 178, die in dem anderen axialen Ende des mechanischen Presskolbens 154 ausgebildet sind, wobei dadurch die Belüftung des Innenraums des mechanischen Presskolbens 154 vereinfacht wird, wobei wirksam eine nicht wünschenswerte Erzeugung von Wärme in dem Servomotor 162, der innerhalb der Bohrung 158 des mechanischen Presskolbens 154 eingebaut angeordnet ist, verhindert oder verringert wird.

[0111] Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel kann die Formklemmvorrichtung, die gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel konstruiert ist, wünschenswert den zweiten Servomotor 78 als elektrischen Positioniermotor aufweisen, der geeignet ist, um die Position des Formklemmzylinders 138 relativ zu der hinteren Druckplatte 104 in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens 154 einzustellen. Dadurch wird es möglich, die Eingriffsposition der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge 147, 147, 156 einzustellen, wobei die Festlegung der Bezugsposition des Formklemmpresskolbens 142 mit Genauigkeit vereinfacht wird.

[0112] Während die eingesetzte Form an der Formklemmvorrichtung befestigt ist, kann die Eingriffsposition der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge vorzugsweise gemäß verschiedener Arten von Verfahren berechnet werden, die voneinander hinsichtlich eingesetzter Bezugspositionen und Ideen verschieden sind, und jedes Verfahren kann einsetzbar bei der vorliegenden Erfindung sein. Vorzugsweise kann ein Verfahren des Erhaltens einer Eingriffsposition, die durch den minimalen Hub des Formklemmpresskolbens von seiner mechanischen Nullposition vorgesehen ist, eingesetzt werden.

[0113] Bei der vorstehend erwähnten ? mechanischen Feineinstellung, die in dem ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt wird, sind die zweiten Eingriffsvorsprünge 86, 86 der Mutterhälften 80, 80 angeordnet, um mit den ersten Eingriffsvorsprüngen 88 des Formöffnungs- und -schließzylinders 12 in Eingriff zu gelangen, wobei der Formklemmpresskolben 66 in seiner zurückgezogenen Position gehalten ist. Jedoch ist die mechanische Feineinstellung der vorliegenden Erfindung nicht auf diese besondere Anordnung beschränkt, vorausgesetzt,

die Eingriffsposition der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge **88**, **86**, **86** ist durch eine spezifische Winkelposition des ersten Servomotors **22** relativ zu der neutralen Winkelposition des ersten Servomotors **22** ermittelt.

[0114] Während die derzeit bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung genau nur zum Zweck der Darstellung beschrieben sind, ist es verständlich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Details des dargestellten Ausführungsbeispiels beschränkt ist, sondern dass diese auch mit verschiedenartigen anderen Änderungen, Abwandlungen und Verbesserungen ausgeführt werden kann, die dem Fachmann einfallen, ohne von dem Anwendungsbereich der Erfindung abzuweichen.

[0115] Wie es aus der vorstehenden Beschreibung entnehmbar ist, kann die Formklemmvorrichtung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, als eine Formklemmvorrichtung der Spritzgussmaschine eingesetzt werden. Bei der Formklemmvorrichtung der vorliegenden Erfindung wird eine Antriebskraft zum Antreiben der bewegbaren Druckplatte in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser weg wirksam durch Verwenden eines Kugelspindelmechanismus erzeugt, der bezüglich der Konstruktion einfach ist. Dieser Kugelspindelmechanismus wird zusammen mit einem hydraulischen System verwendet, was eine Erzeugung einer ausreichend großen Formklemmkraft mit einem einfachen Mechanismus und einer hervorragenden Energieeffizienz gestattet. Somit wird die vorliegende Formklemmvorrichtung wirksam in der Industrie als eine neuartige Formklemmvorrichtung einer Hybridbauart verwendet, wobei der elektrische Antriebsmechanismus und das hydraulische System wirksam miteinander kombiniert sind, um als eine Antriebsquelle zu dienen.

[0116] Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung ist der Betrieb der Formklemmvorrichtung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, beim Spritzgussbetrieb in der Industrie anwendbar. Dieses Verfahren gestattet wirksam eine sanfte Übertragung von dem Formschließbetrieb zu dem Formöffnungsbetrieb sowie eine Verringerung der Größe des Stoßes bei dem Druckverringerbetrieb.

[0117] Somit ist die Formklemmvorrichtung der Hybridbauart offenbart, bei der ein Antriebsmechanismus der Elektromotorbauart und ein Antriebsmechanismus der Hydraulikzylindervorrichtungsbauart in Kombination eingesetzt werden, um als eine Antriebsquelle zu dienen. Die offenbarte Vorrichtung hat einen neuartigen Aufbau und gestattet einen raschen Formöffnungs- und -schließbetrieb sowie einen Hochdruckformklemmbetrieb mit einem einfachen Mechanismus und einer hervorragenden Energieeffizienz. Die Druckerzeugungszylindervorrichtung wird durch den Kugelspindelmechanismus **18**, **48** angetrieben. Der Druckerzeugungskolben **34** der Druckerzeugungszylindervorrichtung ist einstückig mit dem mechanischen Presskolben **12** bewegbar, sodass die bewegbare Druckplatte **14**, die an dem mechanischen Presskolben **12** befestigt ist, in die Formöffnungs- und -schließrichtung bewegt wird. Der Druckerzeugungskolben **34** ist ebenso relativ zu dem mechanischen Presskolben **12** und dem Druckerzeugungszylinder **40**, die zwischen dem mechanischen Presskolben **12** und dem Druckerzeugungskolben **34** ausgebildet ist, erzeugte Fluiddruck auf die Formklemmkammer **76** der Formklemmzylindervorrichtung übertragen wird. Der in der Formklemmkammer **76** erzeugte Fluiddruck wird auf dem mechanischen Presskolben **12** aufgebracht, sodass der mechanische Presskolben **12** bewegt wird, um die Formklemmkraft zu erzeugen.

Zusammenfassung

Fig. 1

[0118] Eine Formklemmvorrichtung der Hybridbauart, bei der ein Antriebsmechanismus der Elektromotorbauart und ein Antriebsmechanismus der Hydraulikzylindervorrichtungsbauart in Kombination eingesetzt werden, um als eine Antriebsquelle zu dienen, ist offenbart. Die offenbarte Vorrichtung hat einen neuartigen Aufbau und gestattet einen raschen Formöffnungs- und -schließbetrieb sowie einen Hochdruckformklemmbetrieb mit einem einfachen Mechanismus und einer hervorragenden Energieeffizienz. Die Druckerzeugungszylindervorrichtung wird durch den Kugelspindelmechanismus (**18**, **48**) angetrieben. Ein Druckerzeugungskolben (**34**) der Druckerzeugungszylindervorrichtung ist einstückig mit einem mechanischen Presskolben (**12**) bewegbar, sodass eine bewegbare Druckplatte (**14**), die an dem mechanischen Presskolben **12** befestigt ist, in die Formöffnungs- und -schließrichtung bewegt wird. Der Druckerzeugungskolben (**34**) ist ebenso relativ zu dem mechanischen Presskolben **12** und dem Druckerzeugungszylinder (**40**), die zwischen dem mechanischen Presskolben (**12**) und dem Druckerzeugungskolben (**34**) ausgebildet ist, erzeugte Fluiddruck auf die Formklemmkammer (**76**) der Formklemmzylindervorrichtung übertragen wird. Der in der Formklemmkammer (**76**) erzeugte Fluiddruck wird auf dem mechanischen Presskolben (**12**) aufgebracht, sodass der mechanische Presskolben (**12**) bewegt wird, um eine Formklemmkraft zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Formklemmvorrichtung einer Spritzgussmaschine zum Klemmen einer Form, wobei die Formklemmvorrichtung Folgendes aufweist:

eine stationäre und eine hintere Druckplatte, die beide fest an einer Basis der Spritzgussmaschine angeordnet sind, sodass die stationäre und die hintere Druckplatte einander mit einer Beabstandung dazwischen gegenüberstehen;

eine bewegbare Druckplatte, die zwischen die stationäre und die hintere Druckplatte zwischengesetzt ist, sodass die bewegbare Druckplatte zwischen der stationären und der hinteren Druckplatte in eine Richtung bewegbar ist, in der die stationäre und die hintere Druckplatte einander gegenüberstehen;

einen Antriebsmechanismus, der einen elektrischen Motor hat, der zwischen der hinteren Druckplatte und der bewegbaren Druckplatte angeordnet sowie betriebsfähig ist, um die bewegbare Druckplatte in Richtung der stationären Druckplatte und von dieser wegzubewegen;

einen Formöffnungs- und -schließmechanismus einer elektrischen Kugelspindelbauart, die eine erste Kugelspindelwelle, die durch eine der bewegbaren und hinteren Druckplatten gestützt ist, eine erste Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle und durch die andere der bewegbaren und hinteren Druckplatten gestützt ist, und einen Formantriebselektromotor aufweist, der geeignet ist, die erste Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative längsgerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen, wobei der Formöffnungs- und -schließmechanismus geeignet ist, die Form auf der Grundlage der relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu öffnen und zu schließen;

eine Druckerzeugungszyklindervorrichtung, die an der Seite der hinteren Druckplatte angeordnet ist und betriebsfähig ist, um einen hydraulischen Druck auf der Grundlage einer relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen;

eine Formklemmzyklindervorrichtung, die an der Seite der hinteren Druckplatte angeordnet ist und mit dem hydraulischen Druck beaufschlagt wird, der in der Druckerzeugungszyklindervorrichtung erzeugt wird, wobei die Formklemmvorrichtung einen Formklemmpresskolben hat, der mit der bewegbaren Platte verbindbar ist; und eine Eingriffsvorrichtung, die betriebsfähig ist, den Formklemmpresskolben mit der bewegbaren Druckplatte in Eingriff zu bringen, wenn die Form geschlossen ist, um dadurch der bewegbaren Platte die Formklemmkraft aufzuprägen, die durch die Formklemmzyklindervorrichtung auf der Grundlage der relativen längsgerichteten Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter erzeugt wird.

2. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungszyklindervorrichtung des Weiteren eine Vorspannvorrichtung aufweist, die geeignet ist, um einen Druckerzeugungskolben in Richtung einer vollständig zurückgezogenen Position davon vorzuspannen, um ein Volumen einer Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszyklindervorrichtung zu vergrößern.

3. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungszyklindervorrichtung des Weiteren eine Sperrvorrichtung aufweist, die betriebsfähig ist, um den Druckerzeugungskolben fest mit einem Druckerzeugungszyklinder der Druckerzeugungszyklindervorrichtung zu verbinden, um eine Verschiebung des Druckerzeugungskolbens relativ zu dem Druckerzeugungszyklinder zu verhindern.

4. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch ein hydraulisches System, das einen hydraulischen Schaltkreis für eine Fluidverbindung zwischen einer Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszyklindervorrichtung und einer Formklemmkammer der Formklemmzyklindervorrichtung und ein Schaltventil zum alternativen Verbinden der Druckerzeugungskammer mit der Formklemmkammer und zum Trennen davon aufweist.

5. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckerzeugungskolben ein Hohlzylinderelement ist, wobei die Druckerzeugungskammer teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des hohlen Druckerzeugungskolbens definiert ist, wobei die Kugelspindelwelle in einer Bohrung des hohlen Druckerzeugungskolbens angeordnet ist und sich dort hindurch erstreckt, und wobei die erste Kugelmutter an dem hohlen Druckerzeugungskolben befestigt ist.

6. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Formklemmzyklindervorrichtung so angeordnet ist, dass eine Mittenachse der Formklemmzyklindervorrichtung mit einer Mittenachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist, und der Formklemmpresskolben ein Hohlzylinderelement aufweist, wobei die Vorrichtung des Weiteren Folgendes aufweist: einen mechanischen Presskolben, der an der bewegbaren Druckplatte befestigt ist und sich durch eine Bohrung des hohlen Formklemmpresskolbens erstreckt, wobei eine Eingriffsvorrichtung betriebsfähig ist, um den hohlen Formklemmpresskolben in Eingriff mit dem mechanischen Presskolben zu halten.

7. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingriffsvorrichtung eine

Vielzahl erster Eingriffsvorsprünge, die an einer äußeren Umfangsfläche des mechanischen Presskolbens ausgebildet sind, sodass die ersten Eingriffsvorsprünge voneinander mit gleichmäßigen Abständen bzw. gleichmäßiger Teilung in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens beabstandet sind, und ein Eingriffselement, das eine Vielzahl von zweiten Eingriffsvorsprüngen hat und durch den Formklemmpresskolben so geschützt ist, dass das Eingriffselement unbewegbar in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens ist und in Richtung der äußeren Umfangsfläche des mechanischen Presskolbens und davon weg bewegbar ist, um die zweiten Eingriffsvorsprünge mit den ersten Eingriffsvorsprüngen in Eingriff und außer Eingriff zu bringen.

8. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen elektrischen Positioniermotor, der geeignet ist, um das Eingriffselement relativ zu dem mechanischen Presskolben in axiale Richtung des mechanischen Presskolbens so zu bewegen, dass die zweiten Eingriffsvorsprünge des Eingriffselements geeignet zum Eingriff mit den ersten Eingriffsvorsprüngen des mechanischen Presskolbens positioniert werden.

9. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der hohle Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung eine Betriebshublänge hat, die größer ausgeführt ist, als eine Summe einer Teilung der ersten Eingriffsvorsprünge und eines vergrößerten Betrags des axialen Abstands zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte aufgrund einer Aufbringung einer Formklemmkraft zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte.

10. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mechanische Presskolben ein Hohlzylinderelement aufweist, wobei die Formklemmvorrichtung des Weiteren Folgendes aufweist:
eine elektrisch betriebene Auswerfervorrichtung einer Kugelspindelbauart, die einen Auswerfer hat, der an der bewegbaren Platte befestigt ist, eine zweite Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist und an dem einen des mechanischen Presskolbens und des Auswerfers befestigt ist, eine zweite Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der zweiten Kugelspindelwelle ist und an dem anderen des mechanischen Presskolbens und des Auswerfers fixiert ist; und
einen elektrischen Auswerfermotor, der geeignet ist, um die zweite Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative längsgerichtete Bewegung der zweiten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen, um dadurch den Auswerfer anzutreiben.

11. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Auswerfermotor fest innerhalb der Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist, und wobei der hohle mechanische Presskolben einen Luftströmungsdurchgang hat, der sich durch die Bohrung davon in axialer Richtung erstreckt.

12. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungszylindervorrichtung eine Vielzahl von Druckerzeugungszylindervorrichtungen aufweist, die an einer Mittenachse der bewegbaren Platte angeordnet sind.

13. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl der Druckerzeugungszylindervorrichtungen Folgendes aufweist:
den Druckerzeugungskolben in der Gestalt eines Hohlzylinders;
die Druckerzeugungskammer, die teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des hohlen Druckerzeugungskolbens definiert ist; die erste Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen Druckerzeugungskolbens angeordnet ist und sich dort hindurch erstreckt;
die erste Kugelmutter, die an dem hohlen Druckerzeugungskolben befestigt ist; und
den Formantriebselektromotor, der fest durch die bewegbare Platte gestützt ist und geeignet ist, um die erste Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen.

14. Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mechanische Presskolben einen hohlen mechanischen Presskolben aufweist und die erste Kugelspindelwelle in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist und sich dort hindurch erstreckt.

15. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kugelspindelwelle axial unbewegbar durch die Basis der Spritzgussmaschine gestützt ist, durch die die stationäre Platte fest gestützt ist, wobei der Druckerzeugungskolben gleitfähig innerhalb der Bohrung des mechanischen Presskolbens bewegbar ist, um die Druckerzeugungszylindervorrichtung zu bilden, und wobei die erste Kugelmutter an dem Druckerzeugungskolben befestigt ist.

16. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Folgendes aufweist:

- die erste Kugelspindelwelle des Formöffnungs- und -schließmechanismus, die durch die Basis der Spritzgussmaschine so gestützt ist, dass die erste Kugelspindelwelle an einer Achse davon drehbar ist und in axiale Richtung davon unbewegbar ist;
- den Formantriebsselektromotor, der geeignet ist, die erste Kugelspindelwelle in eine vorwärtsgerichtete und rückwärtsgerichtete Richtung zu drehen;
- einen hohlen mechanischen Presskolben, der radial nach außen von der Kugelspindelwelle angeordnet ist und an einem der axial entgegengesetzten Enden davon an der bewegbaren Platte befestigt ist, sodass der hohle mechanische Presskolben in eine axiale Richtung davon relativ zu der Basis der Spritzgussmaschine bewegbar ist und an der Achse davon nicht drehbar ist;
- den Druckerzeugungskolben, der radial nach innen von dem mechanischen Presskolben angeordnet ist, sodass der Druckerzeugungskolben gleitfähig hin- und herbewegbar in eine axiale Richtung des mechanischen Presskolbens ist sowie an einer Achse des mechanischen Presskolbens nicht drehbar ist, wobei der Druckerzeugungskolben mit dem mechanischen Presskolben zusammenwirkt um eine Druckerzeugungskammer dazwischen zu definieren, deren Volumen durch eine Bewegung des Druckerzeugungskolbens in Richtung eines der entgegengesetzten Enden des mechanischen Presskolbens verringert wird, wobei der Druckerzeugungskolben und die Druckerzeugungskammer miteinander zusammenwirken, um die Druckerzeugungszyklindervorrichtung zu bilden;
- eine Vorspannvorrichtung, die geeignet ist, um den Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszyklindervorrichtung relativ zu dem mechanischen Presskolben vorzuspannen, sodass der Druckerzeugungskolben in Richtung eines der axialen Enden des Druckerzeugungszyklinders entfernt von der bewegbaren Platte vorgespannt wird;
- die erste Kugelmutter des Formöffnungs- und -schließmechanismus, die im Gewindeeingriff mit der ersten Kugelspindelwelle steht und an dem Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszyklindervorrichtung befestigt ist, wobei die Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander gedreht werden, um den Druckerzeugungskolben hin- und herzubewegen;
- den Formklemmzylinder, der radial nach außen von dem mechanischen Presskolben angeordnet ist und fest durch die Basis der Spritzgussmaschine gestützt ist;
- den Formklemmpresskolben der Formklemmzyklindervorrichtung, der radial nach außen von dem mechanischen Presskolben und radial nach innen von dem Formklemmzylinder angeordnet ist, sodass der Formklemmpresszylinder gleitfähig in axiale Richtung des Formklemmzylinders bewegbar ist, wobei der Formklemmpresszylinder mit dem Formklemmzylinder zusammenwirkt, um dazwischen eine Formklemmkammer zu definieren;
- einen elektrischen Positioniermotor, der geeignet ist, um den Formklemmpresskolben relativ zu dem Formklemmzylinder zum Positionieren des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder in axiale Richtung des Formklemmzylinders zu bewegen;
- ein hydraulisches System, das einen hydraulischen Schaltkreis für eine Fluidverbindung zwischen der Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszyklindervorrichtung und der Formklemmkammer der Formklemmzyklindervorrichtung hat und gestattet, dass der in der Druckerzeugungskammer durch die relative links gerichtete Bewegung der ersten Kugelspindelwelle und der Mutter aufgrund einer Drehung der ersten Kugelspindelwelle erzeugte Druck auf die Formklemmkammer übertragen wird, um einen hydraulischen Druck in der Formklemmkammer zu erzeugen und den hydraulischen Druck auf den Formklemmpresskolben als eine hydraulische Antriebskraft aufzubringen;
- eine Eingriffsvorrichtung, die zwischen dem Formklemmpresskolben der Formklemmzyklindervorrichtung und dem mechanischen Presskolben angeordnet ist und betriebsfähig ist, um den Formklemmpresskolben und den mechanischen Presskolben miteinander in Eingriff zu bringen, um die hydraulische Antriebskraft, die auf den Formklemmpresskolben der Formklemmzyklindervorrichtung aufgebracht ist, auf den mechanischen Presskolben als eine Formklemmkraft aufzubringen.

17. Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Folgendes aufweist:

- eine Vielzahl von Druckerzeugungszyklindervorrichtungen einschließlich einer Vielzahl von Druckerzeugungszyklindern, die an der hinteren Druckplatte befestigt sind und an einer Verlängerung einer Mittenachse der bewegbaren Druckplatte angeordnet sind, um sich parallel zu der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte zu erstrecken, eine Vielzahl von Druckerzeugungskolben, die jeweils eine hohlzylindrische Gestalt haben und gleitfähig innerhalb der jeweiligen Druckerzeugungszyklinder bewegbar sind, und eine Vielzahl von Druckerzeugungskammern, die teilweise durch äußere Umfangsflächen der hohlen Druckerzeugungskolben definiert sind und ein Volumen haben, das durch eine Gleitbewegung der Vielzahl der Druckerzeugungskolben in eine Richtung entfernt von der bewegbaren Platte verringert wird;

- eine Vielzahl von ersten Kugelspindelwellen, die an der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte angeordnet sind, um sich parallel zu der Mittenachse zu erstrecken und um in Bohrungen der Vielzahl der Druckerzeugungskolben jeweils angeordnet zu sein und sich dort hindurch zu erstrecken, wobei die Vielzahl der ersten Kugelspindelwellen axial unbewegbar an der bewegbaren Druckplatte befestigt ist;
- eine Vielzahl von Formantriebsselektromotoren, die an der bewegbaren Druckplatte angeordnet sind und geeignet sind, um jeweils die ersten Kugelspindelwellen in vorwärtsgerichtete und rückwärtsgerichtete Richtungen zu drehen;
- eine Vielzahl von ersten Kugelmuttern, die an der Vielzahl der Druckerzeugungskolben befestigt sind und in Gewindeeingriff mit der Vielzahl der jeweiligen ersten Kugelspindelwellen stehen;
- eine Vielzahl von Vorspannvorrichtungen, die geeignet sind, um die Druckerzeugungskolben der Druckerzeugungszylindervorrichtungen jeweils in Richtung der bewegbaren Druckplatte in eine axiale Richtung vorzuspannen;
- die Formklemmzylindervorrichtung einschließlich dem Formklemmzylinder, der fest an der hinteren Platte angeordnet ist, sodass eine Mittenachse des Formklemmzylinders mit der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte ausgerichtet ist, wobei der Formklemmpresskolben, der eine hohlzylindrische Gestalt hat, gleitfähig innerhalb des Formklemmzylinders bewegbar ist, und wobei die Formklemmkammer teilweise durch eine äußere Umfangsfläche des Formklemmpresskolbens definiert ist und ein Volumen hat, dass durch eine Gleitbewegung des Formklemmpresskolbens in eine Richtung entfernt von der bewegbaren Druckplatte verringert wird;
- eine hydraulische Vorrichtung, die betriebsfähig ist, um eine Fluidverbindung zu den Druckerzeugungskammern für ein festes Positionieren der Druckerzeugungskolben relativ zu den Druckerzeugungszylindern zu unterbinden, sodass die bewegbare Druckplatte durch eine Drehung der ersten Kugelspindelwelle relativ zu der hinteren Druckplatte, die mit den Druckerzeugungszylindern zum Schließen und Öffnen der Form befestigt ist, bewegt wird, während sie betriebsfähig ist, eine Fluidverbindung zwischen den Druckerzeugungskammern und der Formklemmkammer zum Gestatten einer Gleitbewegung der Druckerzeugungskolben zu erlauben, sodass der in den Druckerzeugungskammern durch die Drehung der ersten Kugelspindelwellen erzeugte hydraulische Druck auf die Formklemmkammer der Formklemmzylindervorrichtung aufgebracht wird, wodurch eine hydraulische Antriebskraft auf den Formklemmpresskolben aufgebracht wird;
- einen mechanischen Presskolben, der fest an der bewegbaren Druckplatte angeordnet ist, um in Richtung der hinteren Druckplatte entlang der Mittenachse der bewegbaren Druckplatte vorzustehen, wobei sich der mechanische Presskolben durch eine Bohrung des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung erstreckt;
- die Eingriffsvorrichtung, die zwischen dem mechanischen Presskolben und dem Formklemmpresskolben der Formklemmzylindervorrichtung angeordnet ist und betriebsfähig ist, um den mechanischen Presskolben und den Formklemmpresskolben relativ zueinander zum Aufbringen der durch die Formklemmzylindervorrichtung erzeugten hydraulischen Antriebskraft auf den mechanischen Presskolben als die Formklemmkraft in Eingriff zu bringen, und
- eine elektrisch betriebene Auswerfervorrichtung der Kugelspindelbauart einschließlich einer Auswerferplatte, die an der bewegbaren Druckplatte befestigt ist, eine zweite Kugelspindelwelle, die in einer Bohrung des hohlen mechanischen Presskolbens angeordnet ist und mit einem von mechanischem Presskolben und Auswerfer befestigt ist, einer zweiten Kugelmutter, die im Gewindeeingriff mit der zweiten Kugelspindelwelle steht und mit dem anderen von mechanischem Presskolben und Auswerfer befestigt ist; und einem elektrischen Auswerfermotor, der geeignet ist, um die Kugelspindelwelle und die Mutter relativ zueinander zu drehen, um eine relative links gerichtete Bewegung der zweiten Kugelspindelwelle und der Mutter zu erzeugen, um dadurch den Auswerfer anzutreiben.

18. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Vorrichtung des Weiteren eine Vielzahl erster Eingriffsvorsprünge, die an dem einen von dem Formklemmpresskolben und der bewegbaren Druckplatte ausgebildet sind, sodass die Vielzahl der ersten Eingriffsvorsprünge voneinander mit regelmäßiger Teilung in eine Richtung beabstandet sind, in die der Formklemmpresskolben und die bewegbare Druckplatte relativ zueinander bewegt werden, und ein Eingriffselement aufweist, das an dem anderen von Formklemmpresskolben und bewegbarer Druckplatte ausgebildet ist sowie eine Vielzahl zweiter Eingriffsvorsprünge hat, die eingreifbar mit den ersten Eingriffsvorsprüngen sind, wobei das Eingriffselement in Richtung des ersten Eingriffselements und von diesem wegbewegt wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Ermitteln einer Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte, sodass die bewegbare Druckplatte, die mit einer Versuchsform befestigt ist, die eine Dicke hat, die kleiner als die einer eingesetzten Form ist, die befestigt werden soll, zu einer Formschließposition davon bewegt wird, und eine axiale Position der bewegbaren Druckplatte, die in der Formschließposition angeordnet ist, als eine Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte erhalten wird;

Ermitteln einer Bezugsposition des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung, sodass eine

axiale Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder eingestellt wird, um einen Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge sicherzustellen, und eine eingestellte axiale Position des Formklemmpresskolbens als die Bezugsposition des Formklemmpresskolbens erhalten wird; und Einstellen einer axialen Position des Formklemmpresskolbens, der mit der eingesetzten Form relativ zu dem Formklemmzylinder in axiale Richtung befestigt ist, auf der Grundlage der ermittelten Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte und der ermittelten Bezugsposition des Formklemmpresskolbens, um den Eingriff der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge sicherzustellen, wenn die mit der eingesetzten Form befestigte Druckplatte in der Formschließposition gehalten ist.

19. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 18, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:

Einstellen der axialen Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder in axiale Richtung, sodass die ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge miteinander bei einem Eingriffsabschnitt in Eingriff gebracht werden, der von einer vollständig vorgeschobenen Position des Formklemmpresskolbens um zumindest einen axialen Abstand zurückgezogen ist, der einem erhöhten axialen Abstand zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte aufgrund einer Aufbringung einer Formklemmkraft zwischen der hinteren und der bewegbaren Druckplatte entspricht, und der am nächsten an einer Formschließposition des Formklemmpresskolbens für den Fall gelegen ist, dass die eingesetzte Form befestigt ist.

20. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung gemäß Anspruch 18 oder 19, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Berechnen einer Formdickendifferenz zwischen der Versuchsform und der eingesetzten Form;
Erhalten einer Formschließposition des Formklemmpresskolbens, wenn die bewegbare Druckplatte mit der eingesetzten Form befestigt ist, auf der Grundlage der Formdickendifferenz und der Bezugsposition der bewegbaren Druckplatte;
Erhalten eines Abstands zwischen der erhaltenen Formschließposition und der Bezugsposition des Formklemmpresskolbens der Formklemmzylindervorrichtung, und
Erhalten eines Einstellbetrags der axialen Position des Formklemmpresskolbens relativ zu dem Formklemmzylinder der Formklemmzylindervorrichtung, der zum Sicherstellen des Eingriffs der ersten und zweiten Eingriffsvorsprünge erforderlich ist, auf der Grundlage des erhaltenen Abstands und einer Teilung der ersten Eingriffsvorsprünge.

21. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung, wie in einem der Ansprüche 1 bis 17 definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der Kugelspindelwelle einen elektrischen Servomotor aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Regeln eines Ausgangsdrehmoments des elektrischen Servomotors aufgrund eines Formklemmbetriebs auf der Grundlage eines Signals, das einen hydraulischen Druck in der Druckerzeugungskammer der Druckerzeugungszylindervorrichtung darstellt.

22. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung, wie in einem der Ansprüche 1 bis 17 definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der ersten Kugelspindelwelle einen elektrischen Servomotor aufweist, wobei das Verfahren des Weiteren den folgenden Schritt aufweist:

Verringern eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer durch allmähliches Verringern eines Werts eines Ausgangsdrehmoments des elektrischen Servomotors auf einen vorbestimmten Wert, sodass eine Verringerung eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer beendet wird.

23. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung, wie in einem der Ansprüche 1 bis 17 definiert ist, wobei der Formantriebselektromotor zum Antreiben der ersten Kugelspindelwelle einen elektrischen Servomotor aufweist, wobei das Verfahren des Weiteren die folgenden Schritte aufweist:

Verringern eines hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer durch allmähliches oder kontinuierliches Ändern einer Drehzahl des elektrischen Servomotors in eine Richtung zum Bewirken einer Verringerung des hydraulischen Drucks in der Formklemmkammer, bis zumindest eine der folgenden Bedingungen erfasst ist: dass eine vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen ist, die zum Verringern des Drucks in der Formklemmkammer erforderlich ist, und dass der Druck in der Formklemmkammer auf eine vorbestimmte Höhe verringert wurde.

24. Regelungsverfahren eines Betriebs einer Formklemmvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei die Vorrichtung in einem der Ansprüche 2, 16 und 17 definiert ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

DE 100 85 403 T5 2004.04.29

Regeln eines Ausgangsdrehmoments des Servomotor unter Berücksichtigung einer Kraft, die an dem Druckerzeugungskolben gegen die Vorspannkraft der Vorspannvorrichtung erzeugt wird, die darauf aufgebracht ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

FIG.1

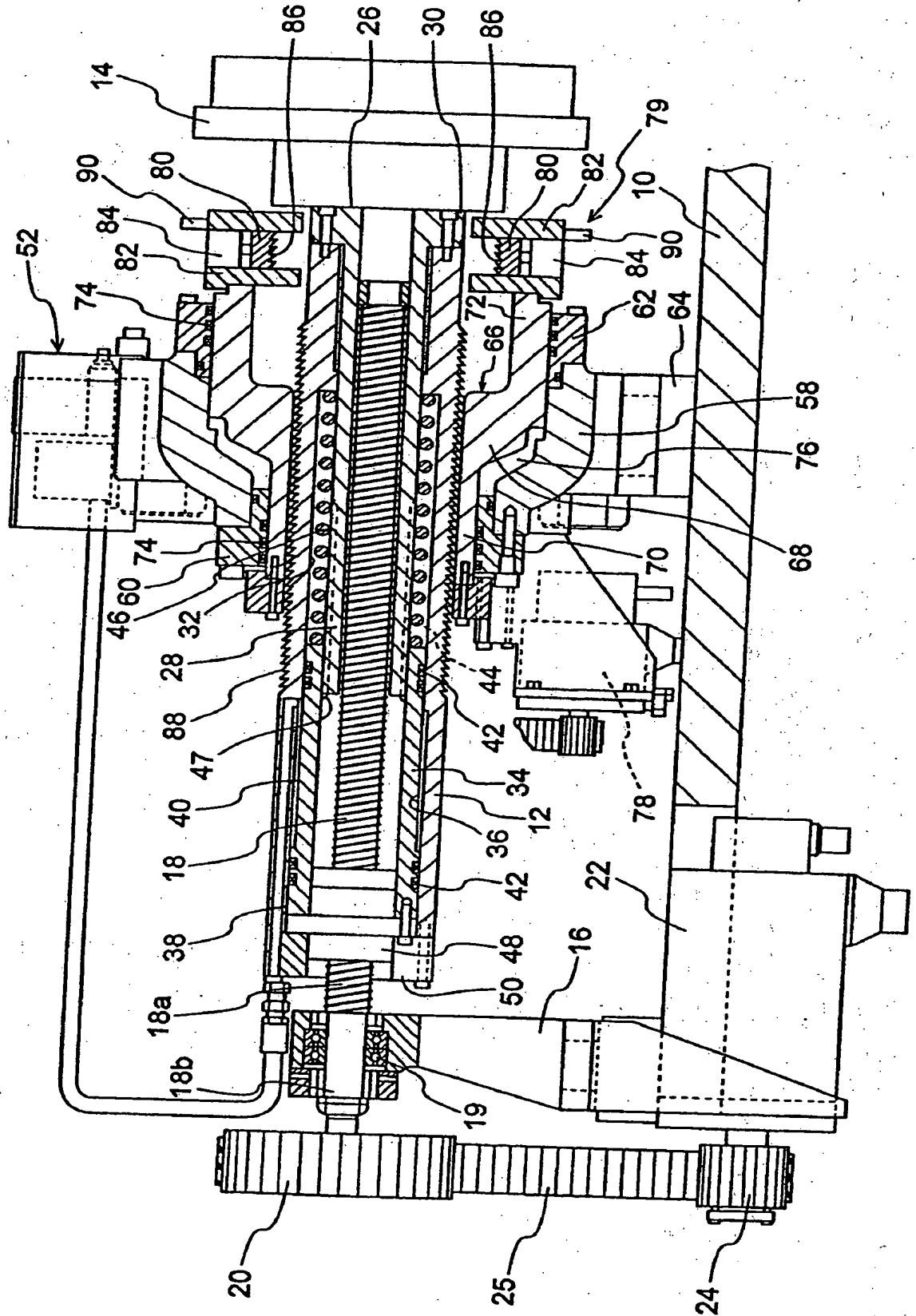


FIG.2

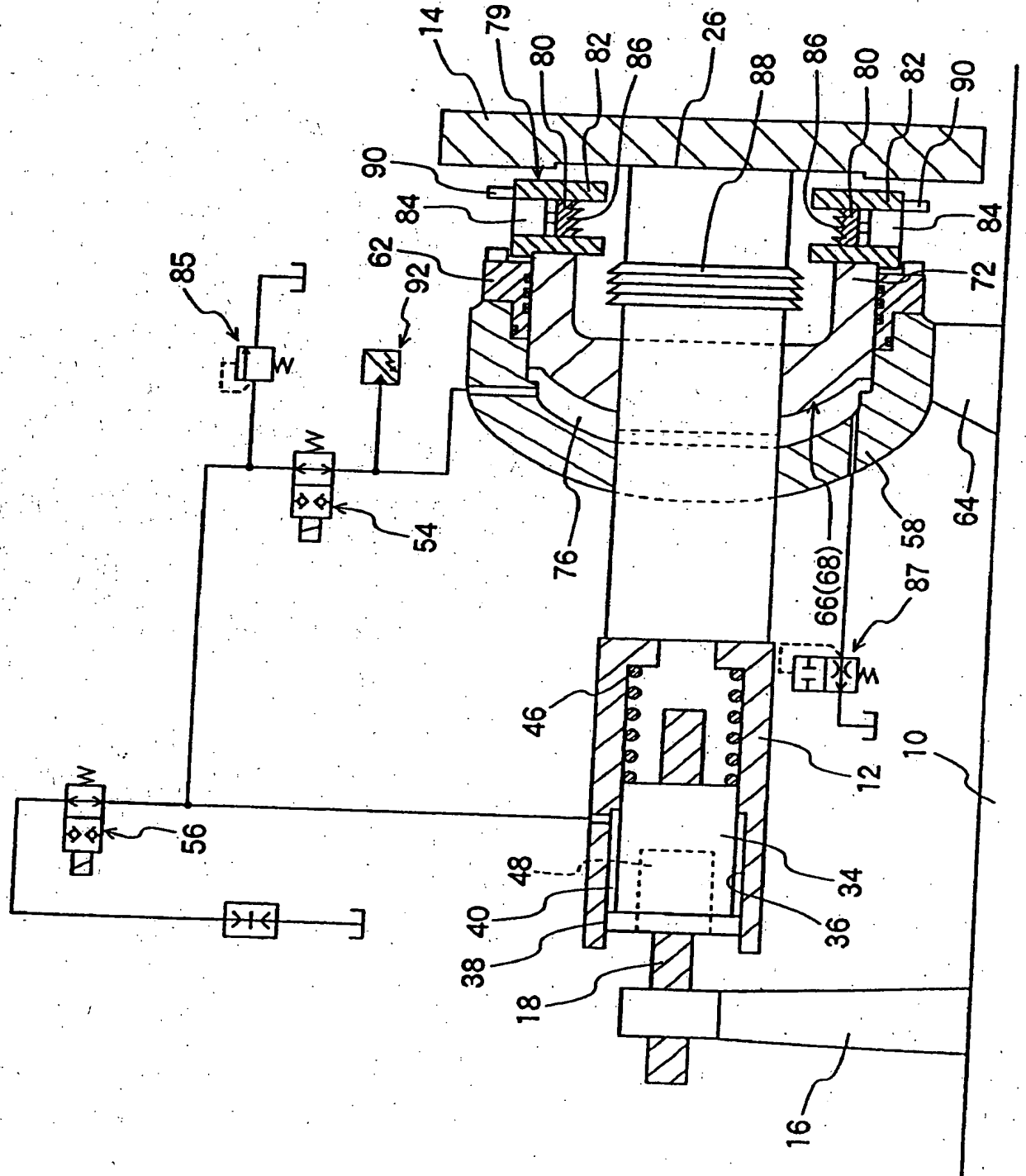


FIG.3

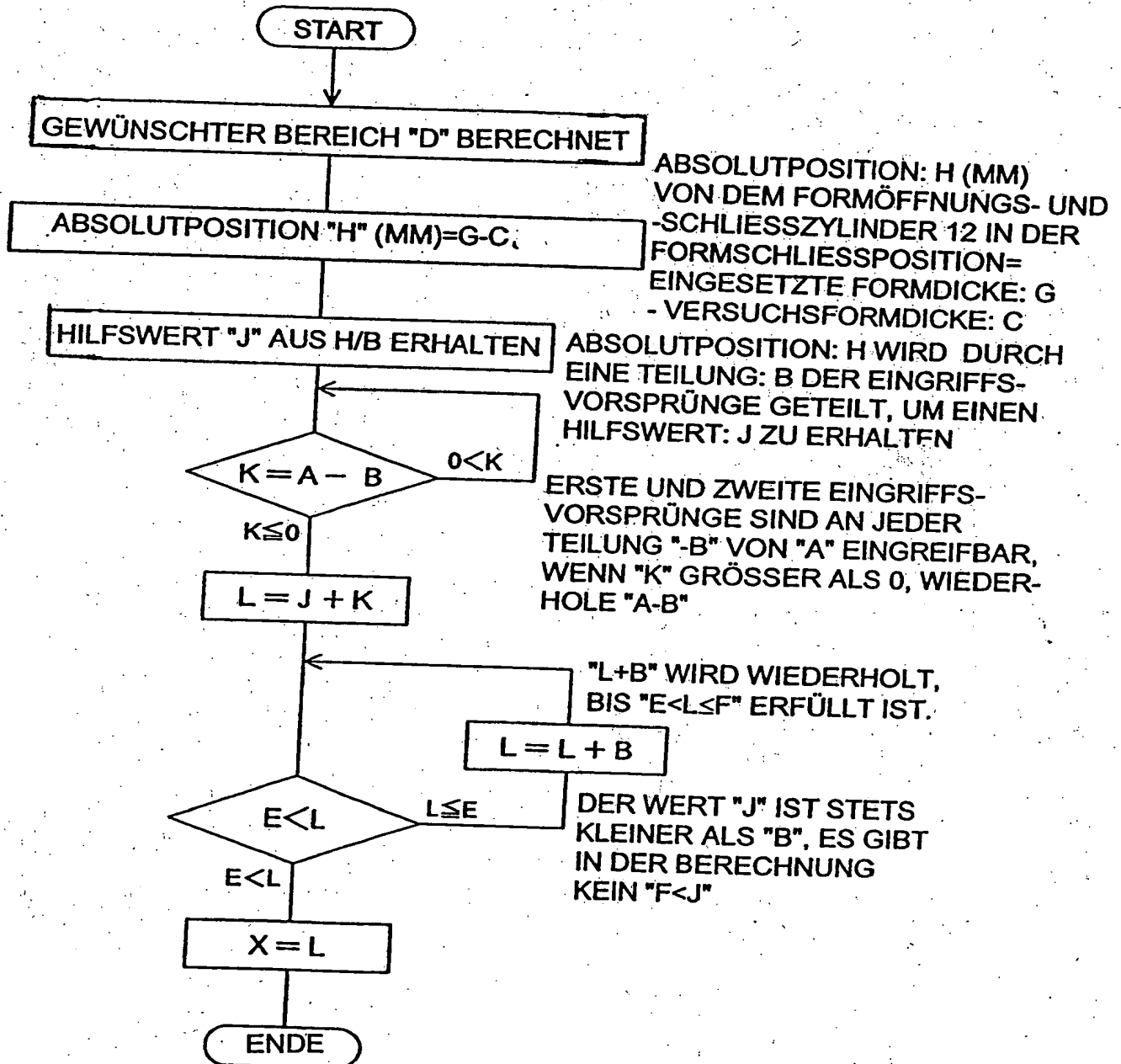


FIG.4

MINIMALE BEZUGS-
FORMDICKE

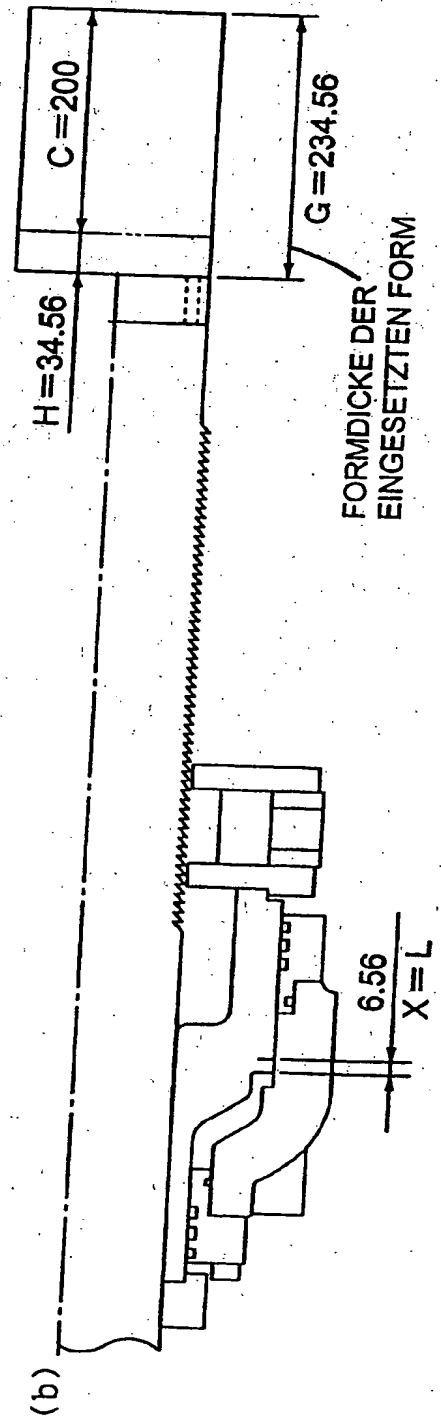
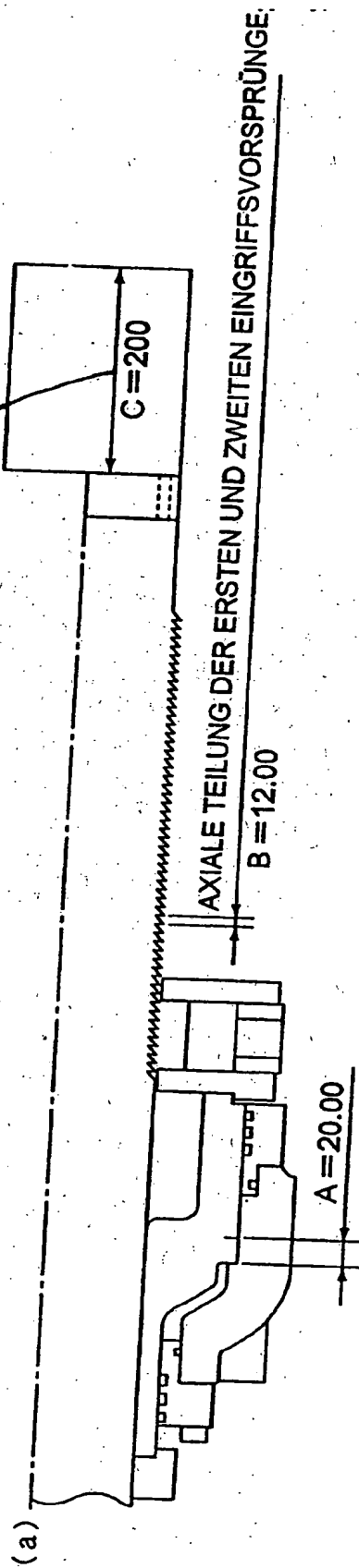


FIG.5

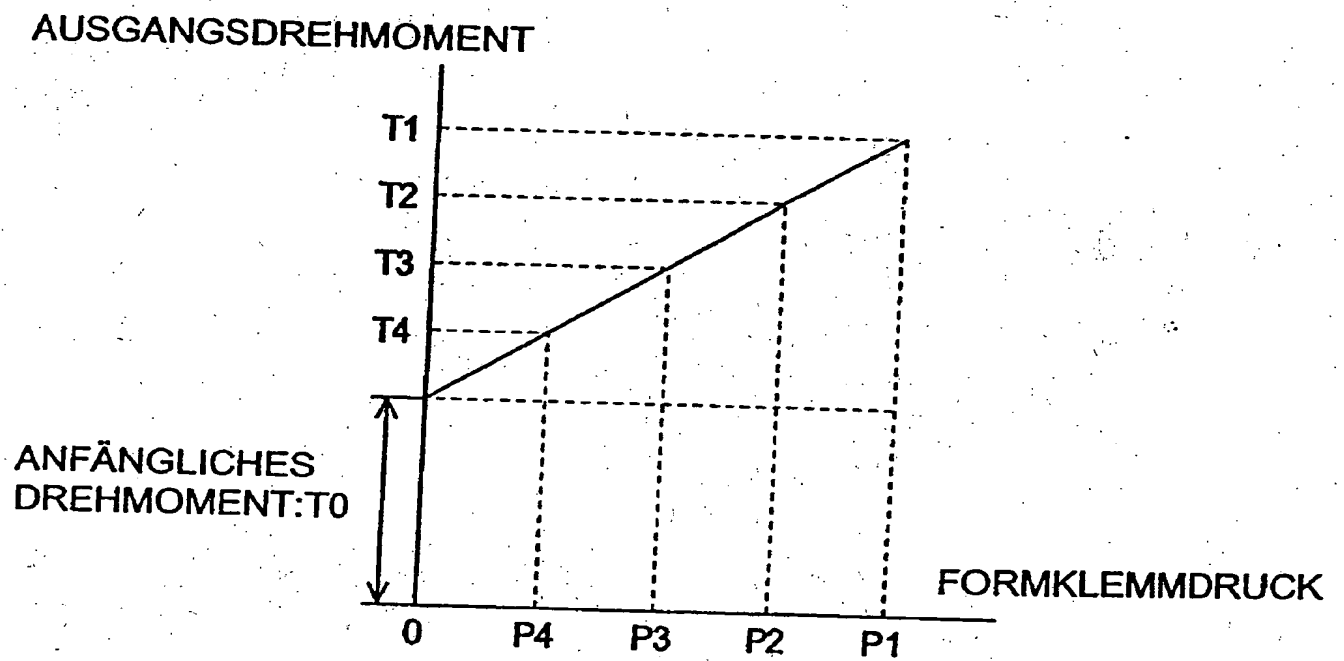
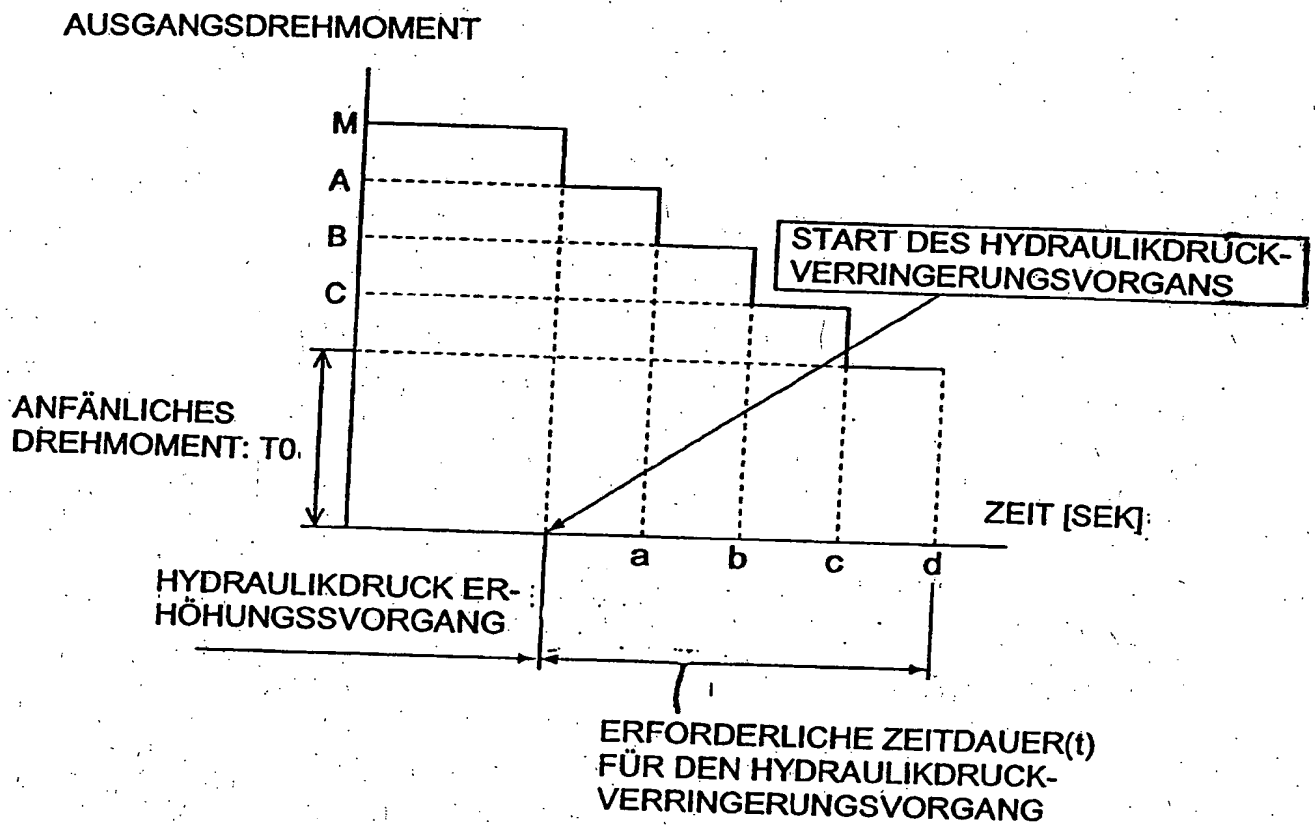


FIG.6



BERECHNETE DREHMOMENTWERTE

$$A = (3/4) \times (M - T_0) + T_0$$

$$B = (2/4) \times (M - T_0) + T_0$$

$$C = (1/4) \times (M - T_0) + T_0$$

BERECHNETE ZEITDAUERN

$$\text{START} \sim a = t/4 \text{ [SEC]}$$

$$a \sim b = t/4 \text{ [SEC]}$$

$$b \sim c = t/4 \text{ [SEC]}$$

$$c \sim d = t/4 \text{ [SEC]}$$

FIG.7

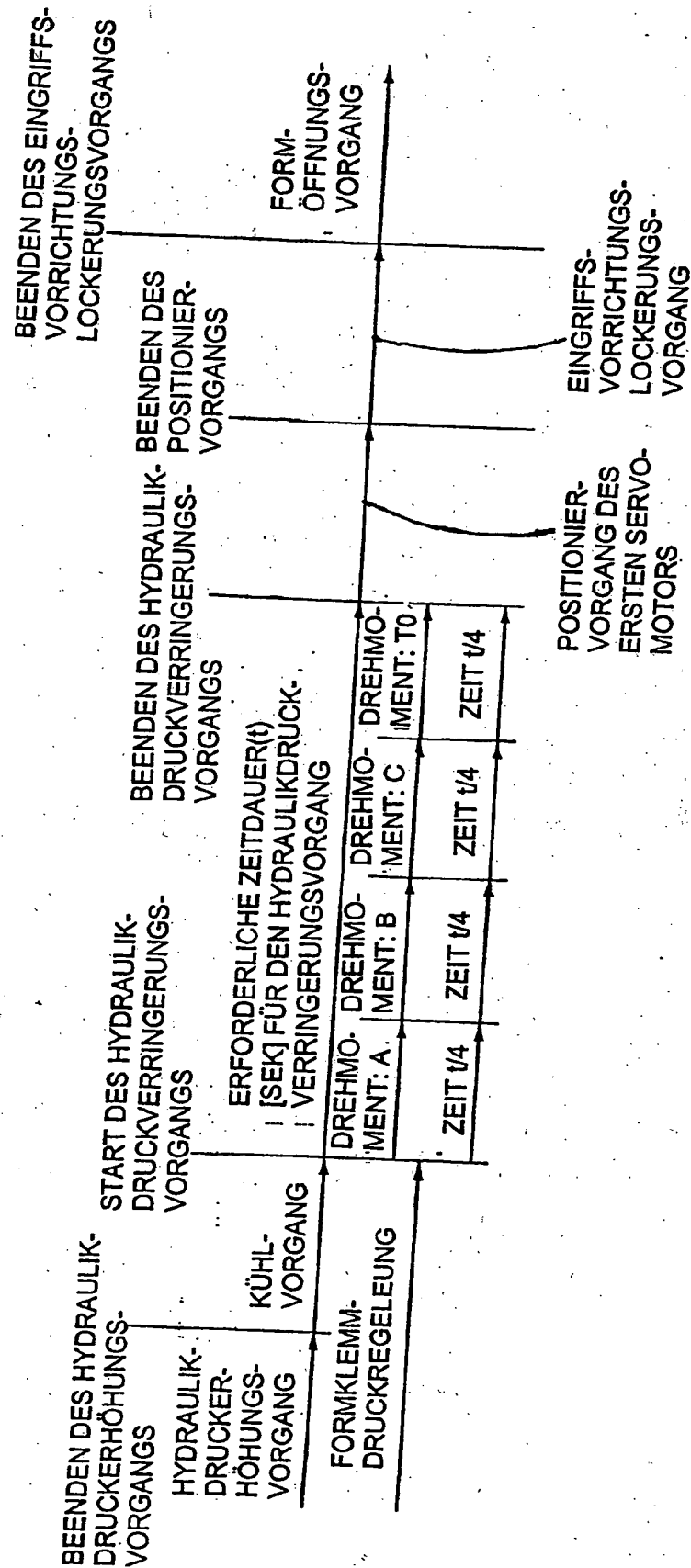


FIG.8

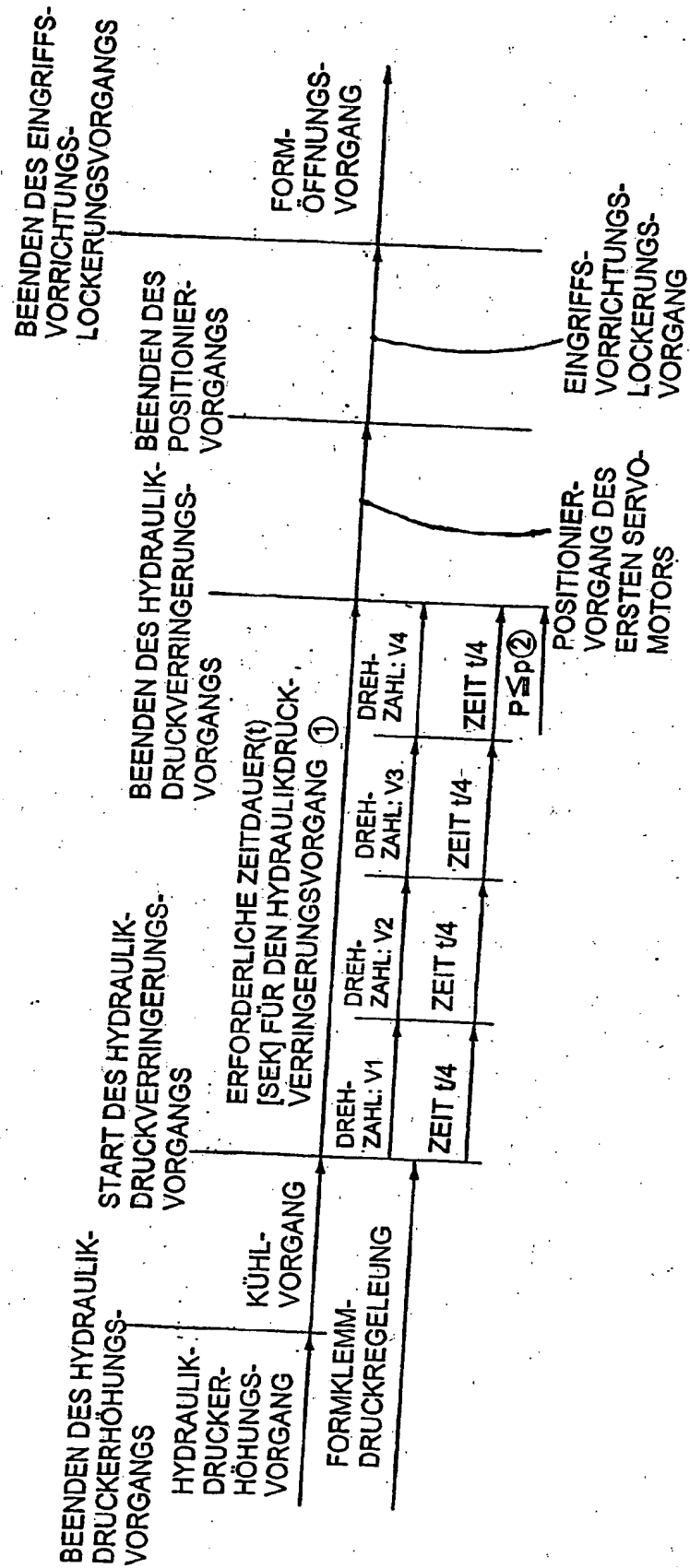


FIG.9

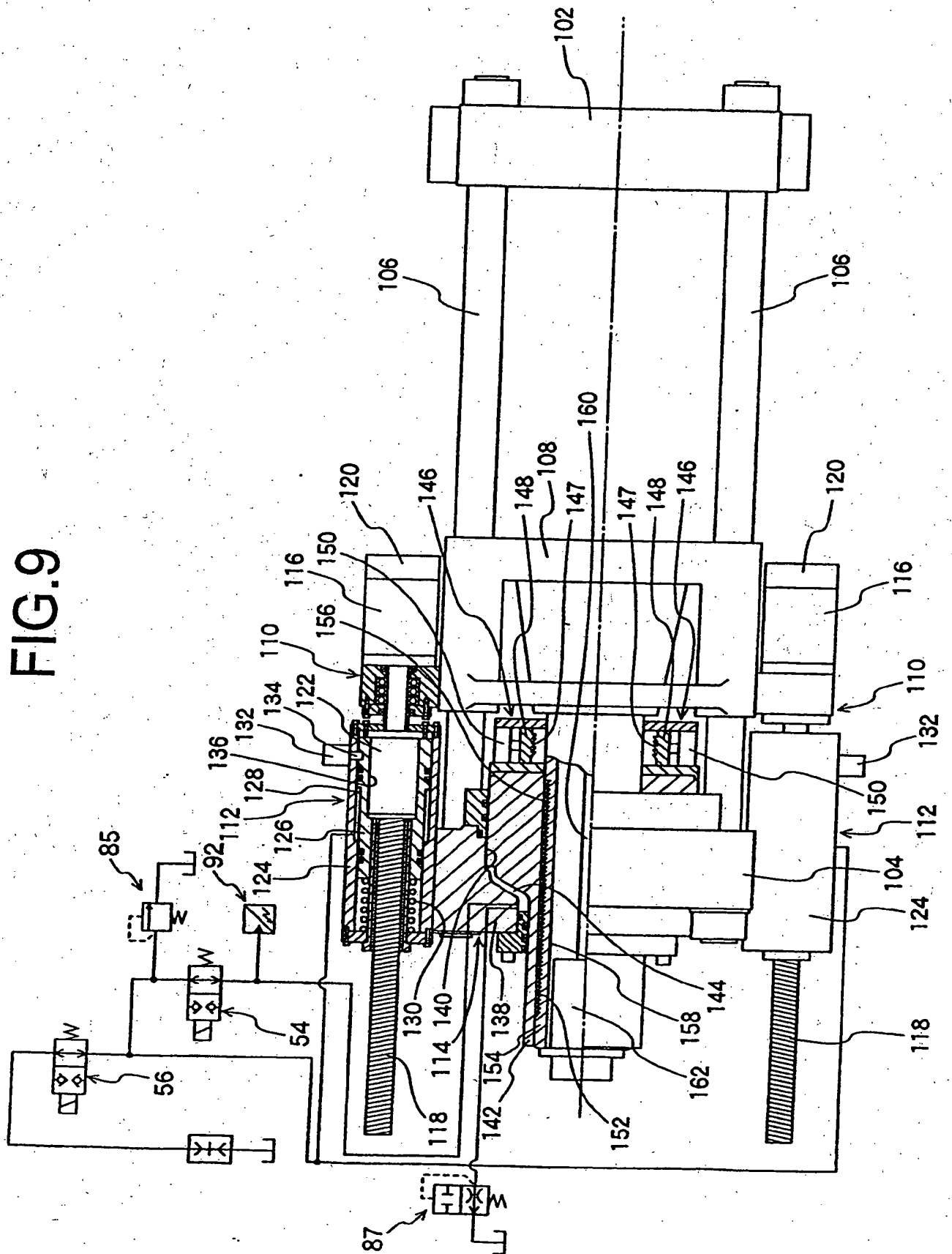
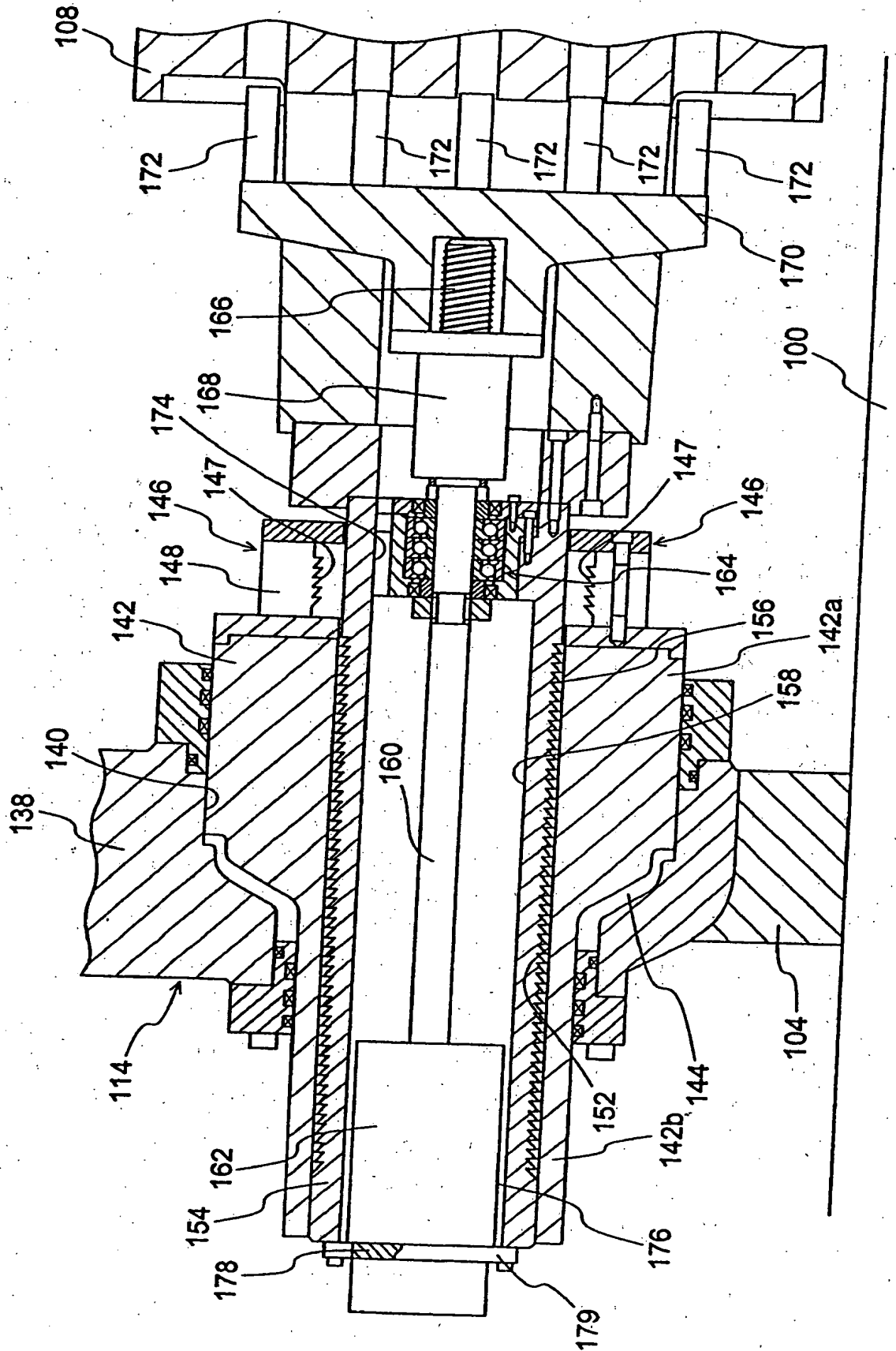


FIG. 10





US006439875B1

(12) **United States Patent**
Morita et al.

(10) Patent No.: **US 6,439,875 B1**
(45) Date of Patent: **Aug. 27, 2002**

(54) **MOLD CLAMPING APPARATUS AND METHOD OF CONTROLLING OPERATION OF THE APPARATUS**

(75) Inventors: **Ryozi Morita; Ryoji Takashi**, both of Nagoya; **Satoshi Tomita**, Okazaki; **Takashi Shinoda**, Aichi-gun; **Keijiro Oka**, Nagoya, all of (JP)

(73) Assignee: **Kabushiki Kaisya Meiki Seisakusyo**, Obu (JP)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **09/568,696**

(22) Filed: **May 11, 2000**

(30) **Foreign Application Priority Data**

May 20, 1999 (JP) 11-139809
Apr. 3, 2000 (JP) 2000-101620

(51) Int. Cl.⁷ **B29C 45/64**

(52) U.S. Cl. **425/556; 264/39; 264/40.5; 425/590; 425/595**

(58) Field of Search **264/39, 40.5, 328.1; 425/556, 589, 590, 595**

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,261,810 A * 11/1993 Kamp et al. 425/590
5,345,766 A 9/1994 Leonhartsberger et al.
6,093,361 A 7/2000 Schad
6,200,123 B1 * 3/2001 Mailliet et al. 425/595

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

JP A-61-237617 10/1986

JP	B2 1-49097	10/1989
JP	A-3-3389	1/1991
JP	A-6-504356	5/1994
JP	A 7-132517	5/1995
JP	B2 8-13490	2/1996
JP	B2 2604271	1/1997
JP	A 10-113957	5/1998
JP	A 10-258432	9/1998
JP	A 11-291311	10/1999
JP	A 2000-301580	10/2000

* cited by examiner

Primary Examiner—James P. Mackey

(74) Attorney, Agent, or Firm—Oliff & Berridge, PLC

(57) **ABSTRACT**

Mold clamping apparatus is disclosed which includes: an electrically-operated movable-platen-driving device of ball-screw type having a first ball-screw shaft supported by one of a movable and a rear platens, a first ball-nut threaded-engaged with the first ball-screw shaft and supported by the other of the movable and rear platens, and a movable-platen driving device for rotating the first ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut so that said movable platen is moved toward and away from a stationary platen to close and open the mold; a pressure-generating cylinder device having a pressure-generating piston moved by the relative longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut in order to generate a hydraulic pressure; and a mold clamping cylinder device adapted to generate a mold clamping force based on the hydraulic pressure applied from the pressure-generating cylinder device; and an engaging device which is operable for connecting a mold clamping ram of the mold clamping cylinder device with the movable platen, for applying the mold clamping force to the movable platen. The method of controlling operation of the apparatus is also disclosed.

29 Claims, 10 Drawing Sheets

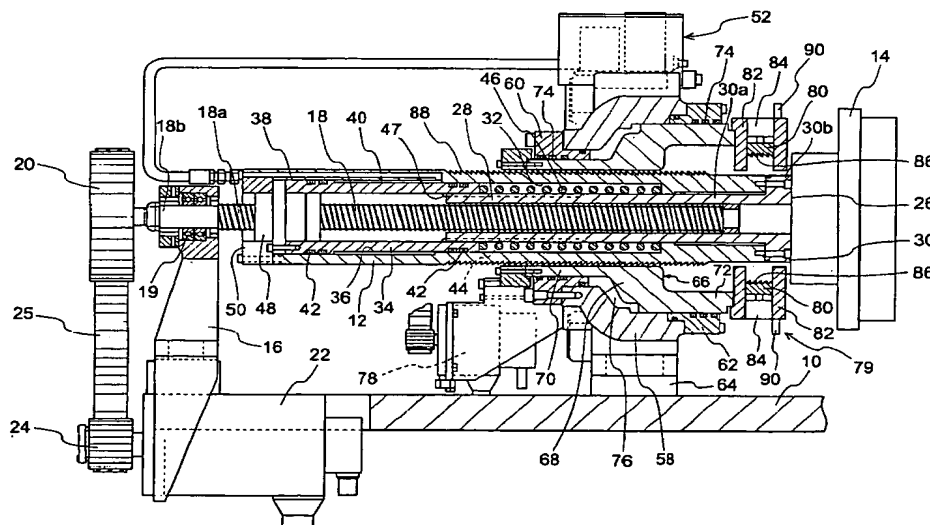


FIG. 1

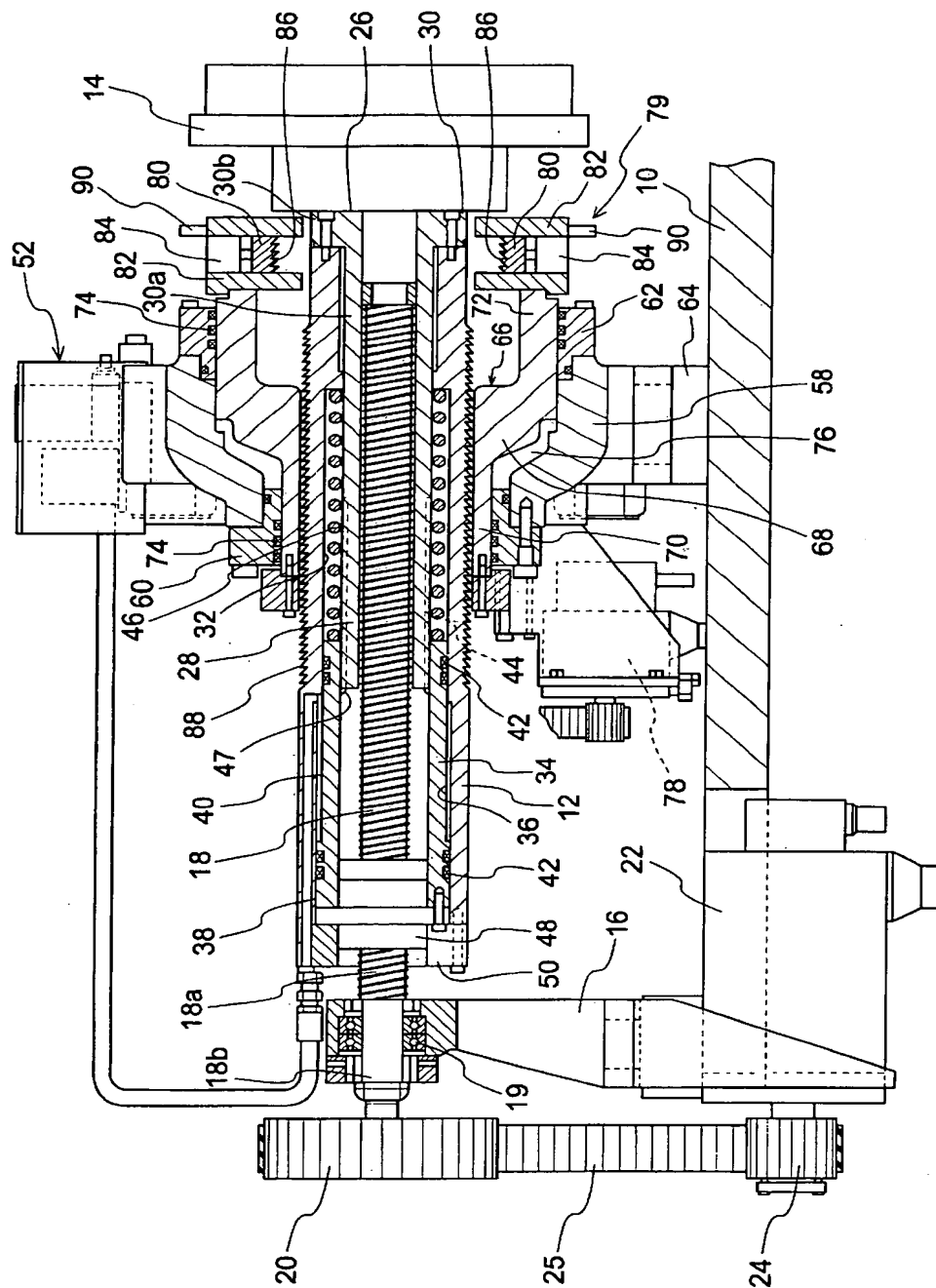


FIG. 2

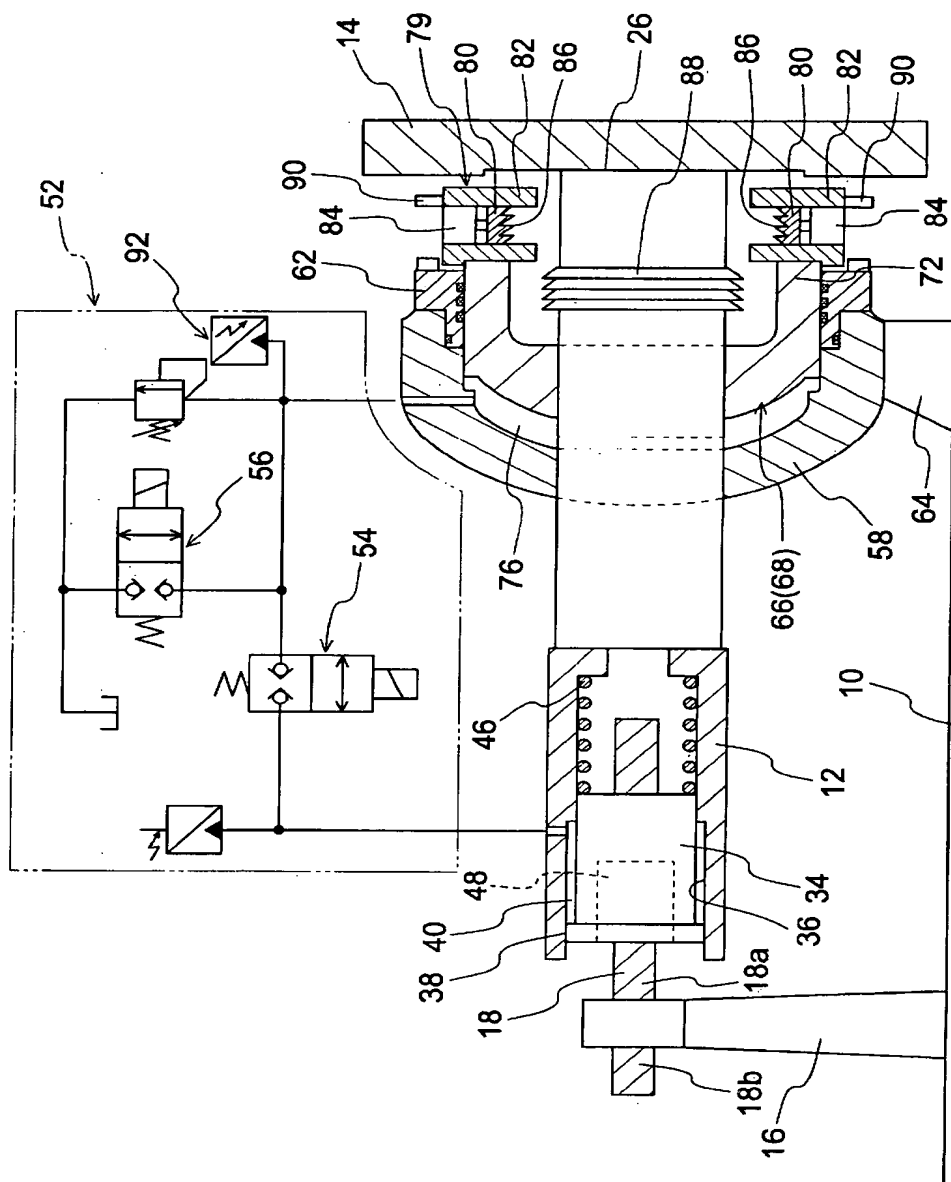


FIG. 3

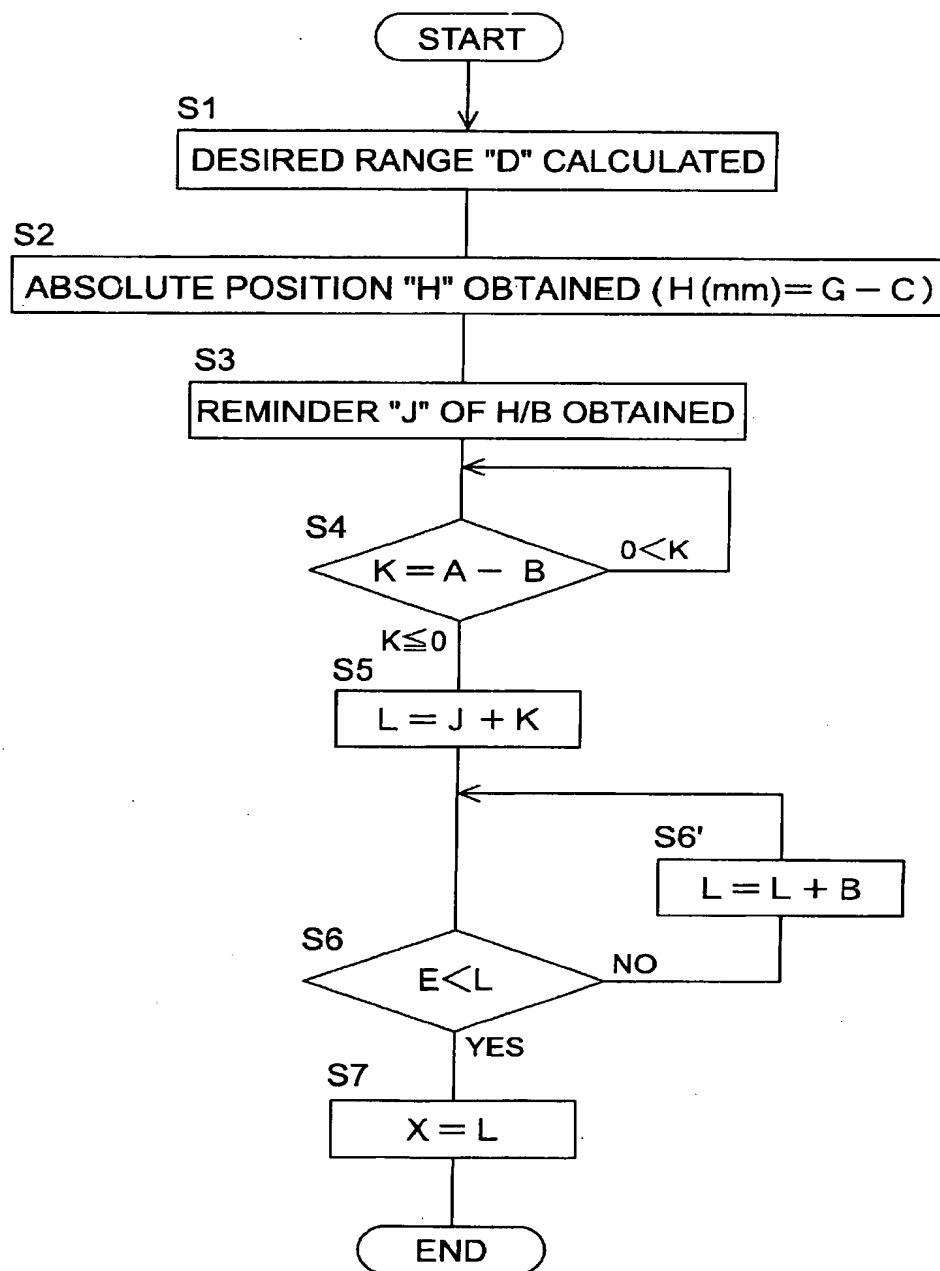


FIG. 4

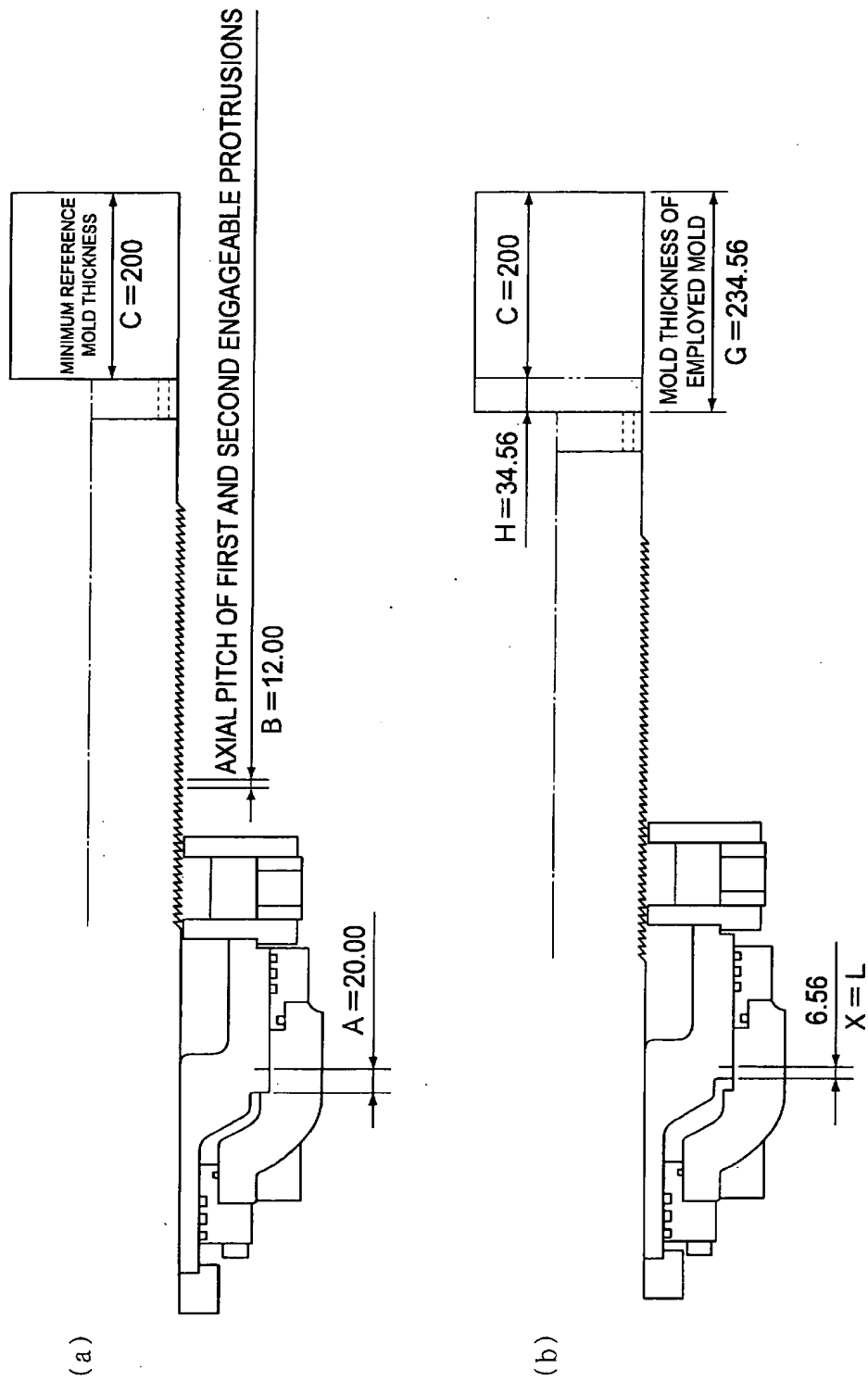


FIG.5

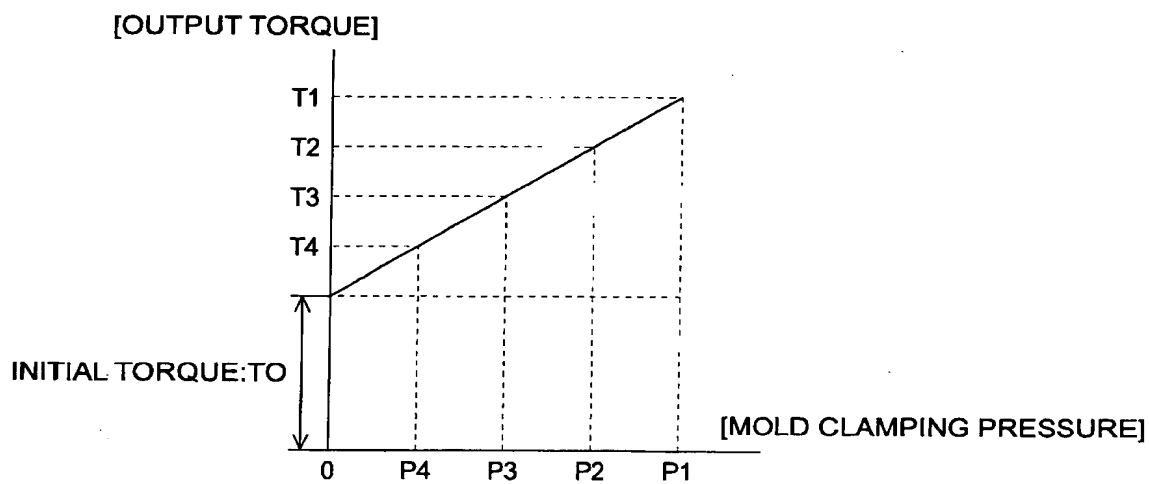
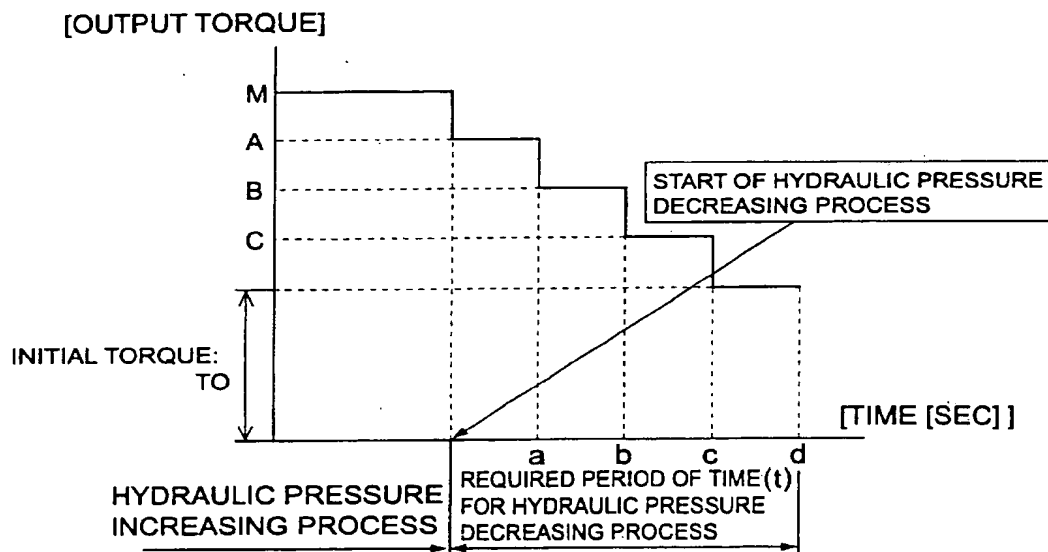


FIG.6



〈CALCULATED TORQUE VALUES〉 〈CALCULATED PERIOD OF TIMES〉

$$A = (3/4) \times (M - TO) + TO$$

$$B = (2/4) \times (M - TO) + TO$$

$$C = (1/4) \times (M - TO) + TO$$

$$\text{START} \sim a = t / 4 \text{ [SEC]}$$

$$a \sim b = t / 4 \text{ [SEC]}$$

$$b \sim c = t / 4 \text{ [SEC]}$$

$$c \sim d = t / 4 \text{ [SEC]}$$

FIG. 7

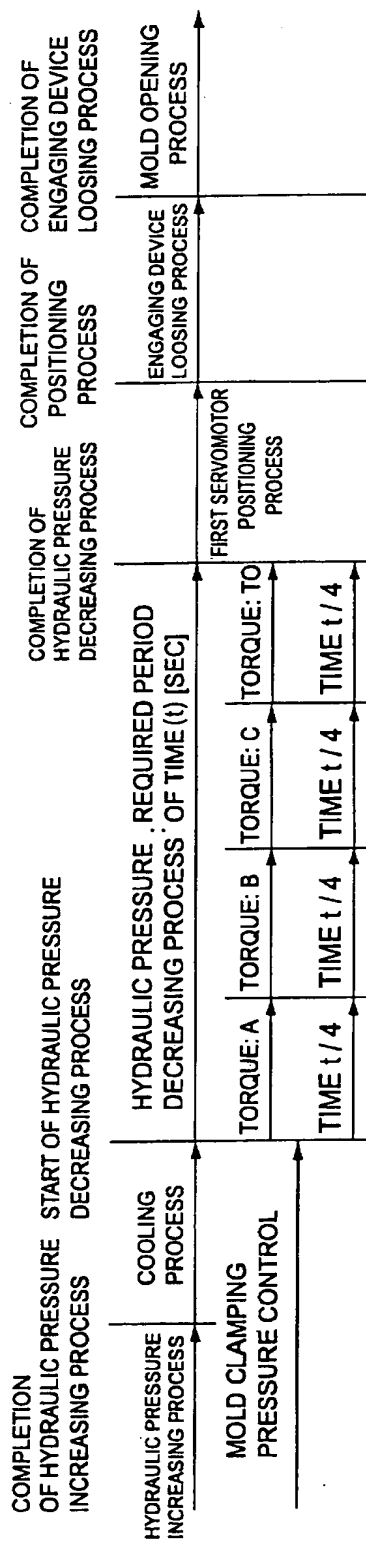


FIG.8

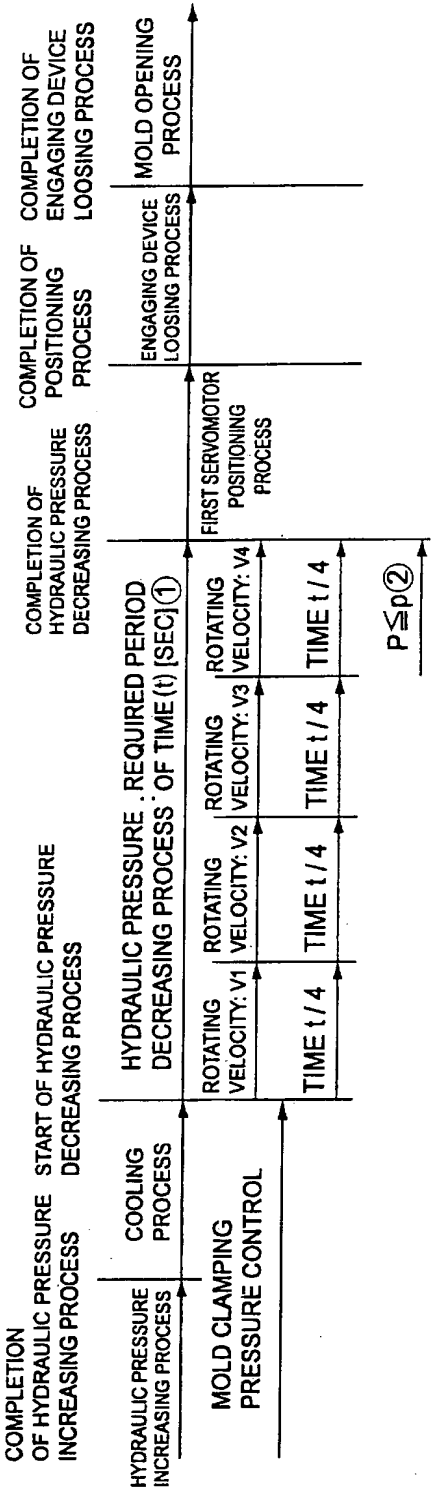


FIG. 9

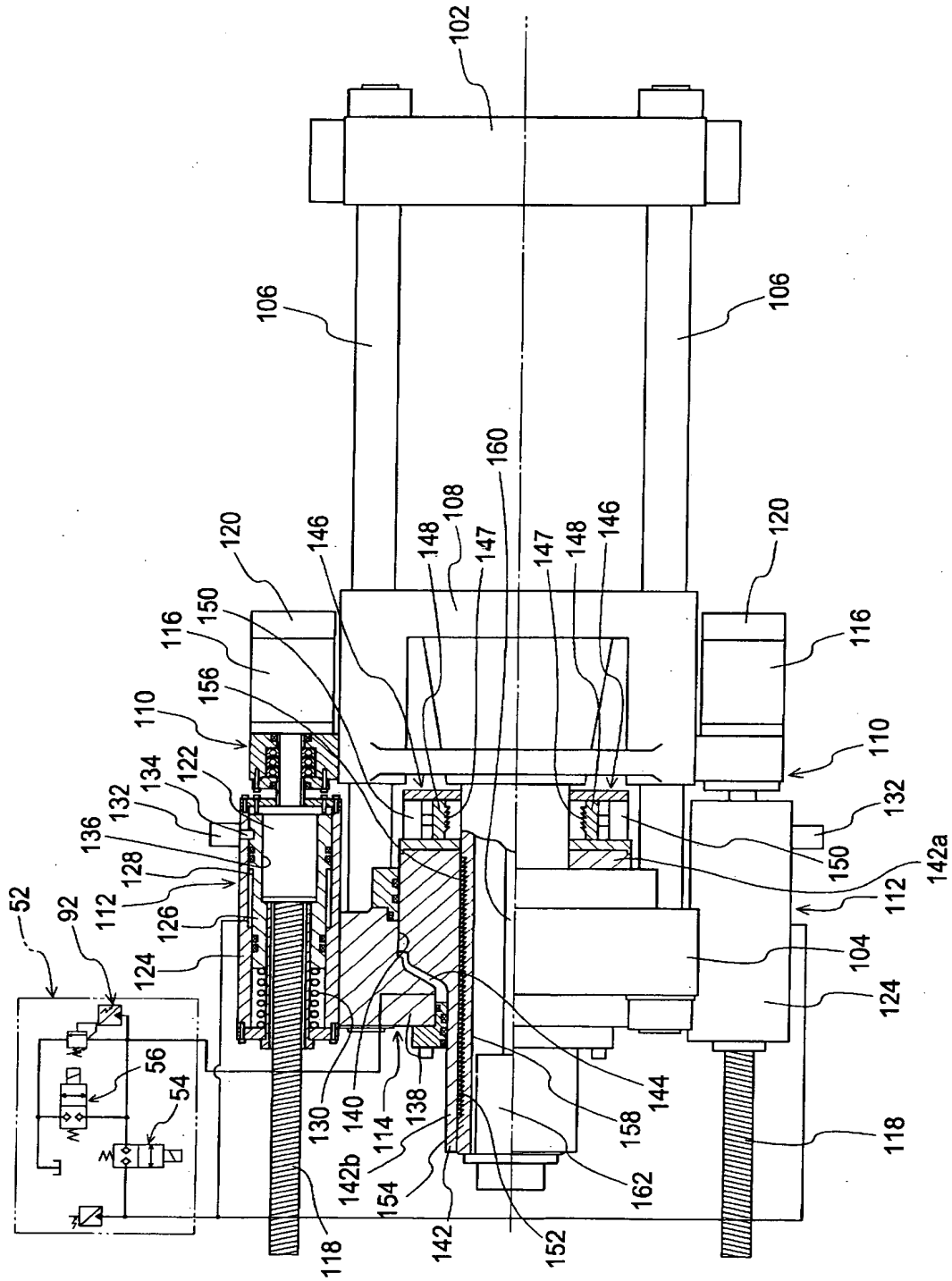
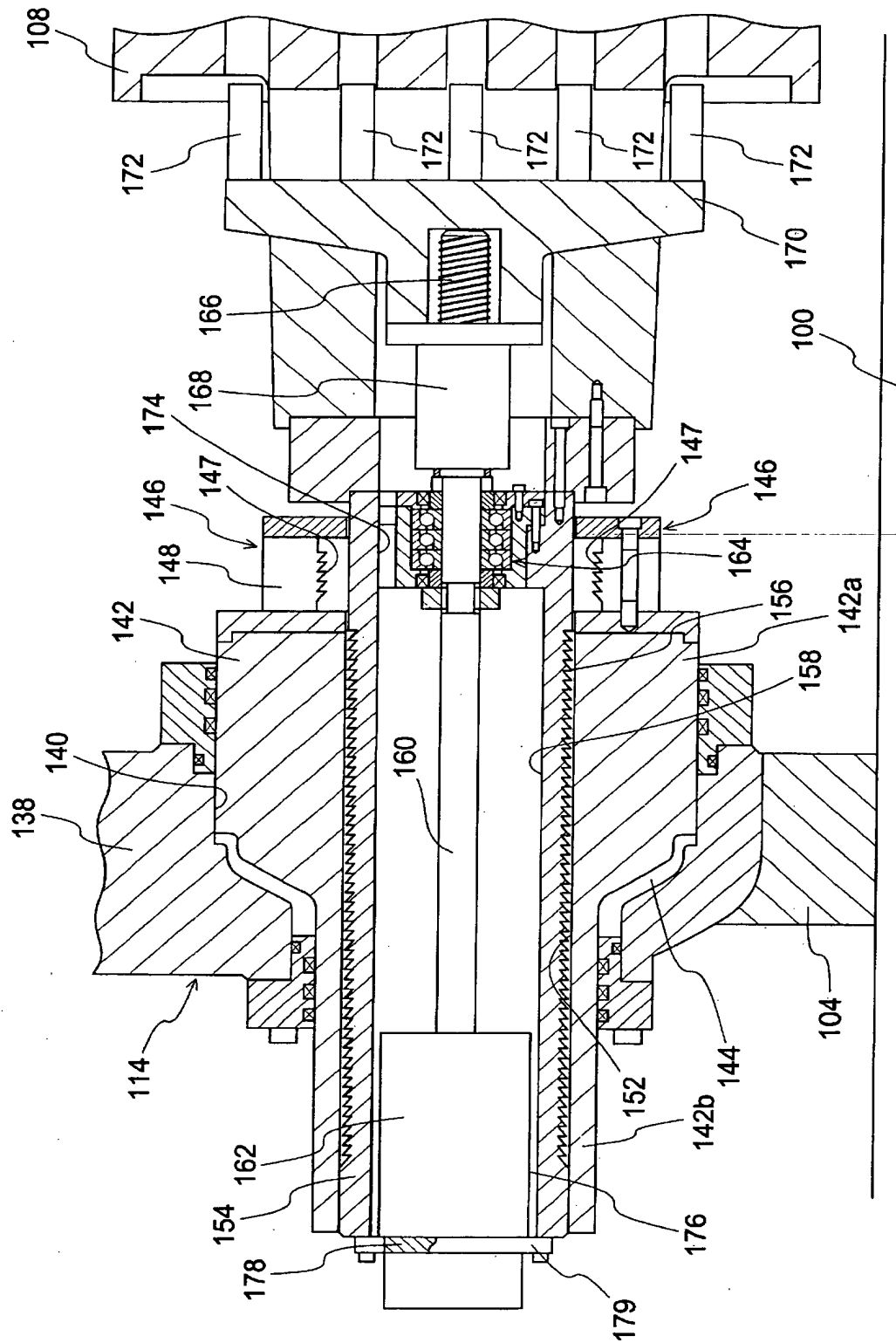


FIG. 10



1

MOLD CLAMPING APPARATUS AND METHOD OF CONTROLLING OPERATION OF THE APPARATUS

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention relates generally to mold clamping apparatus of an injection molding machine which includes a driving device having a ball-screw driven by an electric motor by which a movable platen is reciprocally moved toward and away from a stationary platen, whereby a mold is accordingly closed and opened. More particularly, the present invention is concerned with a mold clamping apparatus having a novel structure wherein a hydraulic cylinder-piston mechanism is utilized to obtain an increased mold clamping force, and an effective method for controlling operation of the mold clamping apparatus.

2. Description of the Related Art

As a device for clamping a mold used for an injection molding machine, for example, there are known a direct-pressure type mold clamping device having a hydraulic cylinder-piston mechanism which generate a driving force directly applied to a movable platen so as to move the movable platen toward and away from a stationary platen for opening and closing the mold defined therebetween and so as to force the movable platen to the stationary platen for clamping the mold therebetween, and a toggle-type clamping device having a link mechanism in which the driving force is applied to the movable platen via the link mechanism. Another type of mold clamping device is also known, that device includes a ball-screw and an electric motor. In this ball-screw type clamping device, a rotational driving force of the electric motor is converted into a reciprocal driving force by the ball-screw, thereby executing the above-indicated mold opening and closing and clamping action, by utilizing this reciprocal driving force.

In the mold opening and closing actions, such a mold clamping device as described above is required to move the movable platen at a relatively-high velocity, in order to shorten a cycle time of a forming operation of the injection molding machine. In the mold clamping action, on the other hand, the mold clamping device is required to apply a relatively large driving force to the movable platen so that the movable platen is forced toward the stationary platen with a sufficiently large mold clamping force, thereby assuring a high accuracy of the injection molding. However, the conventional mold clamping device using the ball-screw suffers from difficulty in meeting both of these requirements.

The present inventor has been proposed in JP-U-3-3389 (publication number 3-3389 of Japanese Utility model application) a mold clamping device having an electric motor and a ball-screw, as well as a hydraulic cylinder-piston mechanism. This mold clamping device further includes an accumulator for accumulating a pressurized fluid, and is arranged such that the movable platen is moved by using the ball-screw for opening and closing the mold and is forced toward the stationary plate for clamping the mold therebetween by means of the hydraulic cylinder-piston mechanism and by utilizing the pressurized fluid accumulated in the accumulator during opening and closing the mold by using the ball-screw. This mold clamping device makes it possible to meet both of the above-indicated requirements. Namely, the proposed mold clamping device permits the mold opening and closing operation at a relatively-high velocity by using a combination of the electric motor and a small-sized ball-screw, and assures the

2

generation of the relatively large mold clamping force with ease by utilizing the hydraulic cylinder-piston mechanism.

However, the proposed mold clamping device utilizes the pressurized fluid previously accumulated in the accumulator and then applied to a cylinder chamber of the cylinder-piston mechanism via a suitable switch valve. This requires the switching operation of the switch valve under a given hydraulic pressure generated by the pressurized fluid, needing a relatively large-sized switch valve and a relatively-large driving force for driving the large-sized switch valve, resulting in a time-consuming switching operation of the switch valve. In addition, the proposed mold clamping device suffers from a problem of pressure losses of the pressurized fluid during accumulated in the accumulator. Therefore, the proposed mold clamping device possibly suffers from insufficiency of the required characteristics.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is therefore a first object of the present invention to provide an improved mold clamping apparatus which is capable of generating a desired driving force with ease by means of an electric motor and a ball-screw, for assuring a reciprocal movement of a movable platen at a relatively-high velocity, and generating a relatively-large mold clamping force with ease by using a hydraulic device.

It is a second object of the present invention to provide a suitable method for controlling an operation of such a mold clamping device.

The first object of the present invention may be achieved according to a first aspect of this invention, which provides a mold clamping apparatus of an injection-molding machine for clamping a mold consisting of a stationary mold half and a movable mold half, said mold clamping apparatus comprising: (a) a stationary platens fixedly disposed on a base of the injection-molding machine and being fixed with the stationary mold half; (b) a rear platen fixedly disposed on the base of the injection-molding machine and being opposite to and spaced apart from the stationary platen and; (c) a movable platen movably disposed between the stationary and rear platens and being fixed with the movable mold half; (d) an electrically-operated movable-platen-driving device of ball-screw type, including a first ball-screw shaft supported by one of the movable and rear platens, a first ball-nut threaded-engaged with the first ball-screw shaft and supported by the other of the movable and rear platens, and a movable-platen-driving-electric motor adapted to rotate the first ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut so that the movable platen is moved toward and away from the stationary platen to close and open the mold; (e) a pressure-generating cylinder device disposed on the rear platen and having a pressure-generating piston being moved by the relative longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut in order to generate a hydraulic pressure; (f) a mold clamping cylinder device disposed on the rear platen and adapted to generate a mold clamping force based on the hydraulic pressure generated in and applied from the pressure-generating cylinder device, the mold clamping cylinder device having a mold clamping ram which is connectable to the movable platen for applying the mold clamping force to the movable platen; and (g) an engaging device having a first operating position for connecting the mold clamping ram with the movable platen, and a second operating position for disconnecting the mold clamping ram from the movable platen, the mold clamping apparatus clamping the mold such that the movable platen is

3

moved toward the stationary platen to close the mold therebetween, and the pressure-generating cylinder is operated to generate the hydraulic pressure, based on the relative longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut, while the engaging device is placed in the first operating position in order to apply the mold clamping force generated in the mold clamping cylinder device to the movable platen.

In the mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the present invention, the mold opening and closing operation is performed such that the ball-screw type movable-platen-driving device is used for reciprocally moving the movable platen between a mold opening position and a mold closing position of the movable platen. Namely, the first ball-screw shaft and the first ball-nut of the movable-platen-driving device are rotated relative to each other by the movable-platen-driving-electric motor of the movable-platen-driving device. This ball-screw mechanism is used to convert the relative rotation of the first ball-screw shaft and nut into the relative longitudinal motion or a relative displacement of the first ball-screw shaft and nut in the axial direction. The movable platen is directly moved by the longitudinal motion of the ball-screw shaft and nut in a direction toward and away from the stationary platen, for thereby opening and closing the mold. On the other hand, a mold clamping operation and a hydraulic pressure decreasing operation are performed by using the pressure-generating and the mold clamping cylinder devices, in addition to the movable-platen-driving device. Namely, the first ball-screw shaft and the ball-nut of the movable-platen-driving device are rotated relative to each other by the movable-platen-driving-electric motor, for converting the relative rotation of the ball-screw shaft and nut into the relative longitudinal motion of the ball-screw shaft and nut in the axial direction. The pressure-generating cylinder device is operated by the longitudinal motion of the first ball-screw shaft and nut for generating a hydraulic pressure therein. The hydraulic pressure generated in the pressure-generating cylinder device is applied to the mold clamping cylinder device so that the mold clamping cylinder device generates increased hydraulic pressure-generating the mold clamping force applied to the movable platen. Therefore, the movable platen is forced to stationary platen with the mold clamping force, resulting in clamping the mold between the movable and stationary platens.

In the thus constructed mold clamping apparatus, only the movable-platen-driving-electric motor is used as a power source, that is, generates a driving-force by its rotation. In the mold opening and closing action, the rotational driving-force of the electric motor is directly applied to the movable platen by means of the ball-screw device consisting of the ball-screw shaft and the ball-nut of the movable-platen-driving device. That is, the ball-screw device and the electric motor constitute a mechanical driving-force transmitting system for the mold opening and closing action. In the mold clamping action, on the other hand, the driving-force of the electric motor is transmitted to the movable platen, via a hydraulic device comprising the pressure-generating and the mold clamping cylinder devices. That is, the pressure-generating and mold clamping cylinder devices constitute a hydraulic driving-force transmitting system for the mold clamping action. In order to obtain a sufficiently large mold clamping force in the mold clamping action, the driving force of the electric motor is not directly applied to the movable platen by means of the ball-screw device, but is enlarged by and applied through the hydraulic device.

The mold clamping apparatus of the present invention constructed as described above does not require a large-

4

sized or a high-power ball-screw device, even in the case where a relatively-large mold clamping force is required. Therefore, the mold clamping apparatus is capable of meeting the requirements for the rapid mold opening and closing action by means of the ball-screw device, and for assuring a sufficiently large mold clamping force by means of the small-sized ball-screw device.

In the mold clamping operation, the present mold clamping apparatus is operated such that the pressure-generating cylinder device is operated by the ball-screw device to generate the hydraulic pressure force. The hydraulic pressure force generated in the pressure-generating cylinder device is promptly delivered to the mold clamping cylinder device for thereby generating an increased hydraulic pressure force which is applied to the movable platen as the mold clamping force. Since the mold clamping force is generated by the thus constructed hydraulic device and directly applied to the movable platen, without being stored in a suitable accumulator, the mold clamping apparatus according to the first aspect of the present invention facilitates a control of the mold clamping force and is less likely to suffer from a problem of pressure loss of the working fluid in comparison with the conventional mold clamping apparatus using the above mentioned accumulator.

When the mold clamping apparatus changes its operation from the mold opening and closing operation to the mold clamping operation, and vice versa, a hydraulic circuit disposed between the pressure-generating cylinder device and the mold clamping cylinder device may be changed. In this case, the hydraulic circuit can be changed under a relatively low hydraulic pressure applied thereto, owing to the above-indicated elimination of the conventionally required accumulator, for example. This permits an easy and rapid changing of the hydraulic circuit. Thus, the mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the present invention assures a smooth shift from the mold opening and closing operation to the mold clamping operation.

In addition, the mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the present invention enjoys an advantage that the mold clamping force can be easily and precisely recognized by detecting hydraulic pressure forces in the pressure-generating and mold clamping cylinder devices with a suitable pressure sensor, for example.

It is noted that the pressure-generating and mold clamping cylinder devices may be either integrally formed with the rear platen, or alternatively independent of and fixed to the rear platen.

According to one preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating cylinder device further includes a biasing device adapted to bias a pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of the pressure-generating cylinder device.

In this preferred form of the mold clamping apparatus, the provision of the biasing device permits an easy definition of an initial position of the pressure-generating piston, resulting in an easy and stable control of the operation of the pressure-generating cylinder device. In this respect, the biasing device is arranged to have a desired biasing force that is resistive to the driving force of the movable-platen-driving device that is applied to the biasing device during the mold closing action. The biasing device may function based on its suitably arranged biasing force to prevent a transmission of the driving force of the movable-platen-driving device to the pressure-generating cylinder device during the

5

mold closing action, for prohibiting the operation of the pressure-generating cylinder device, and to allow the operation of the pressure-generating cylinder device, after the completion of the mold closing operation at which the driving force of the movable-platen-driving device, which is larger than the biasing force of the biasing device, is applied to the pressure-generating piston.

According to another preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating cylinder device further includes a lock device which is operable to fixedly connect the pressure-generating piston to a pressure-generating cylinder of the pressure-generating cylinder device, so as to prevent a movement of the pressure-generating piston relative to the pressure-generating cylinder.

In this preferred form of the mold clamping apparatus, the pressure-generating piston of the pressure-generating cylinder can be fixedly held in the predetermined initial position thereof, by means of the lock device, facilitating a control of the mold opening and closing positions of the movable-platen. Since the motion of the pressure-generating cylinder device can be stably prohibited by the lock device during the mold closing action, the mold closing operation can be stably operated by the movable-platen-driving device, without adverse influence of an unexpected operation of the pressure-generating piston during the rapid mold closing action. It should be noted that the lock device is releasable in the mold clamping action, so that the mold clamping apparatus can smoothly shifts its operation modes from the mold closing operation to the mold clamping operation.

According to a further preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping device further includes a hydraulic device having a hydraulic circuit for fluid communication between a pressure-generating chamber of the pressure-generating cylinder device and a mold clamping chamber of the mold clamping cylinder device, and having a switch valve alternately connecting and disconnecting the pressure-generating chamber to and from the mold clamping chamber.

In this preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping or mold closing operations of the mold clamping apparatus can be controlled by controlling the switching operation of the switch valve in order to allow and prohibit the fluid communication between the pressure-generating and mold clamping chambers. For instance, the switch valve is closed to prohibit the fluid communication between the pressure-generating and mold clamping chambers in the mold closing action for disabling the pressure-generating cylinder device, thereby stabilizing the mold closing action.

According to still further preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating piston is a hollow cylindrical member, and the pressure-generating chamber is partially defined by an outer circumferential surface of the hollow pressure-generating piston. The first ball-screw shaft is located in and extends through a bore of the hollow pressure-generating piston, and the first ball-nut is fixed to the hollow pressure-generating piston.

In this preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating piston is the hollow cylindrical member, making it possible to effectively arrange the first ball-screw shaft and nut by utilizing an interior space of the bore of the hollow cylindrical pressure-generating piston, leading to reduction in size of the mold clamping apparatus.

According to yet further preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping cylinder device

6

is disposed such that a center axis of the mold clamping cylinder device is aligned with a center axis of the movable platen, and the mold clamping ram comprises a hollow cylindrical member. The mold clamping apparatus further comprising: a mechanical ram which is fixed at one of axially opposite ends thereof to the movable platen and partially located in a bore of the hollow mold clamping ram, the engaging device being operable to hold the hollow mold clamping ram in engagement with the mechanical ram.

In the above indicated preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping force generated by the mold clamping cylinder device can be applied to a center portion of the movable platen, effectively preventing an undesirable attitude of the movable platen, even in the case where the only one mold clamping cylinder device is used. Thus, the mold clamping apparatus of this preferred form assures a stable attitude of the movable platen during the mold clamping operation.

In the above preferred form of the first aspect of the present invention may preferably be modified such the engaging device comprises a plurality of first engageable protrusions formed on an outer circumferential surface of the mechanical ram such that the first engageable protrusions extend in a circumferential direction of the mechanical ram and are spaced apart from each other at regular intervals in an axial direction of the mechanical ram, and an engaging member having a plurality of second engageable protrusions and supported by the mold clamping ram such that said engaging member is immovable in an axial direction of the mechanical ram and is movable toward and away from the outer circumferential surface of the mechanical ram, for engaging and disengaging said second engageable protrusions with and from said first engageable protrusions.

In this preferred form of the first aspect of the present invention, an engaging position of the second engageable protrusions relative to the first engageable protrusions can be optionally changed in the axial direction of the mechanical ram, namely in the direction of the reciprocal motion of the movable platen, so that the first and second engageable protrusions fully engaged with each other. This means that the mold clamping apparatus is applicable to various kinds of molds having different values of thickness, by only changing the engaging position of the first and second engageable protrusions in the axial direction taken into account the thickness of the employed mold.

In the above preferred form of the first aspect of the present invention may preferably comprises an positioning electric motor adapted to move the engaging member relative to the mechanical ram in the axial direction of the mechanical ram so that the second engageable protrusions of the engaging member is suitably positioned for an engagement with the first engageable protrusions of the mechanical ram.

This arrangement facilitates positioning of the first and second engageable protrusions relative to each other in the axial direction of the mechanical ram, in which direction the movable platen is reciprocally movable. Preferably, the positioning electric motor may be a servomotor, so that the first engageable protrusions and the second engageable protrusions are positioned relative to each other with high preciseness.

In the above preferred forms of the first aspect of the present invention may preferably be modified such that the mechanical ram comprises a hollow cylindrical member, and the mold clamping apparatus further comprises: an electrically-operated ejector device of ball-screw type hav-

7

ing an ejector fixed to the movable platen, a second ball-screw shaft located in a bore of the hollow mechanical ram and fixed to one of the mechanical ram and the ejector, an second ball-nut threaded-engaged with the second ball-screw shaft and fixed to the other of the mechanical ram and the ejector; and an ejecting electric motor adapted to rotate the second ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of the second ball-screw shaft and nut, thereby driving the ejector.

In the above-preferred form of the first aspect of the present invention, the ejector device is electrified. Further, the ejector device can be installed within the bore of the mechanical ram with improved spaced utilization, resulting in a small-sized electrically operated ejector device. Moreover the second ball-screw shaft and nut, which is adapted to apply the driving force to the ejector, can be disposed such that the center axis of the second ball-screw shaft is aligned with the center axis of the movable platen. This arrangement is effective to prevent undesirable inclination of the ejector due to an unbalanced application of the driving force to the ejector, for example, resulting in a stable attitude and operation of the ejector during the ejecting operation.

Preferably, the ejecting electric motor is fixedly disposed within the bore of the hollow mechanical ram, and the hollow mechanical ram has an air flow passage extending through the bore thereof.

In this arrangement, an interior space of the bore of the mechanical ram is efficiently utilized so that the ejecting electric motor is disposed within the bore of the mechanical ram. In this case, the electric motor may be elongated along the axial direction of the mechanical ram, resulting in an increase in power of the ejecting electric motor, without an increase in the size of the mold clamping apparatus. In addition, the air passage permits ventilation of the interior space of the bore of the mechanical ram, owing to the axially reciprocal movement of the mechanical ram, effectively eliminating a problem of heat generated by the ejector electric motor.

According to yet another preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating cylinder device comprises a plurality of pressure-generating cylinder devices disposed about a center axis.

In this preferred form of the first aspect of the present invention, the use of the plurality of pressure-generating cylinder devices effectively downsizes each of the pressure-generating cylinder devices, leading to reduction in size of the mold clamping apparatus.

This preferred form of the first aspect of the present invention may preferably be modified such that each of the plurality of pressure-generating cylinder devices comprises: the pressure-generating piston in the form of a hollow cylinder; the pressure-generating chamber partially defined by an outer circumferential surface of the hollow pressure-generating piston; the first ball-screw shaft located in and extending through a bore of the hollow pressure-generating piston; the first ball-nut fixed to the hollow pressure-generating piston; and the movable-platen-driving-electric motor being fixedly supported by the movable platen and being adapted to rotate the first ball-screw shaft and nut relative to each other.

In the above-preferred form of the first aspect of the present invention, the movable-platen-driving-electric motor is supported by the movable platen, effectively reducing the overall length of the mold clamping apparatus. Moreover, the plurality of the first ball-screw shafts and nuts are disposed about the center axis of the movable platen,

8

assuring a stable application of the driving force to the movable platen via the plurality of the first ball-screw shaft, resulting in an improved stability of the mold opening and closing operation of the mold clamping apparatus.

According to still yet another preferred form of the present invention, the mechanical ram comprises a hollow mechanical ram and the first ball-screw shaft is located in a bore of the hollow mechanical ram.

This arrangement permits that the first ball-screw shaft of the movable-platen-driving device can be arranged within the bore of the mechanical ram with high space utilizing efficiency. In addition, the first ball-screw shaft can be arranged such that the axis of the first ball-screw shaft is aligned with the center axis of the movable platen. Thus, the driving force generated by the one movable-platen-driving-electric motor is stably applied to the movable platen via the first ball-screw shaft.

In the above-preferred form of the invention, preferably, the first ball-screw shaft is axially immovably supported by the base of the injection-molding machine, and the pressure-generating piston is slidably movable within the bore of the mechanical ram so as to constitute the pressure-generating cylinder device, while the first ball-nut is fixed to the pressure-generating piston.

In this preferred form of the invention, the first ball-nut is effectively disposed within the bore of the mechanical ram, with improved space utilization, effectively reducing the axial length of the mold clamping apparatus.

According to yet still another preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping device further comprising: the first ball-screw shaft of the movable-platen-driving device supported by the base of the injection-molding machine such that the screw shaft is rotatable about an axis thereof and is immovable in an axial direction thereof; the movable-platen-driving-electric motor adapted to rotate the first ball-screw shaft in forward and reversed directions; a hollow mechanical ram radially outwardly disposed of the first ball-screw shaft and fixed at one of axially opposite ends thereof to the movable platen such that the hollow mechanical ram is movable in an axial direction thereof relative to the base of the injection-molding machine and is not rotatable about the axis thereof; the pressure-generating piston radially inwardly disposed of the mechanical ram such that the pressure-generating piston is reciprocally slidably movable in an axial direction of the mechanical ram and is not rotatable about an axis of the mechanical ram, the pressure-generating piston cooperating with the mechanical ram to define a pressure-generating chamber therebetween whose volume is decreased by a movement of the pressure-generating piston toward one of axially opposite ends of the mechanical ram, the pressure-generating piston and the pressure-generating chamber cooperating with each other to constitute the pressure-generating cylinder device; a biasing device adapted to bias the pressure-generating piston of the pressure-generating cylinder device relative to the mechanical ram such that the pressure-generating piston is biased toward one of axial ends of the pressure-generating cylinder device remote from the movable platen; the first ball-nut of the movable-platen-driving device, threaded engaged with the first ball-screw shaft and fixed to the pressure-generating piston of the pressure-generating cylinder device, the first ball-screw shaft and nut being rotated relative to each other so as to reciprocally move the pressure-generating piston; the mold clamping cylinder radially outwardly disposed of the mechanical ram and fixedly supported by the base of the

injection-molding machine; the mold clamping ram of the mold clamping cylinder device radially outwardly disposed of the mechanical ram and radially inwardly of the mold clamping cylinder such that the mold clamping ram being slidably movable in an axial direction of the mold clamping cylinder, the mold clamping ram cooperating with the mold clamping cylinder to define therebetween a mold clamping chamber; a positioning electric motor adapted to move the mold clamping ram relative to the mold clamping cylinder for positioning the mold clamping ram relative to the mold clamping cylinder in the axial direction of the mold clamping cylinder; a hydraulic device having a hydraulic circuit for fluid communication between the pressure-generating chamber of the pressure-generating cylinder device and the mold clamping chamber of the mold clamping cylinder device, and having a switch valve alternately connecting and disconnecting the pressure-generating chamber to and from the mold clamping chamber, so that the hydraulic pressure generated in the pressure-generating chamber is transmitted to the mold clamping chamber so as to generate a hydraulic pressure in the mold clamping chamber and apply the hydraulic pressure to the mold clamping ram of the mold clamping cylinder device as a hydraulic driving force, when the pressure-generating chamber and the mold clamping chamber are communicate with each other, and the hydraulic pressure generated in the pressure-generating chamber is not applied to the mold clamping chamber so as to move the piston of the pressure-generating cylinder device together with the mechanical ram by rotating the first screw-shaft, thereby opening and closing the mold, when the pressure-generating chamber and the mold clamping chamber are disconnected from each other; an engaging device disposed between the mold clamping ram of the mold clamping cylinder device and the mechanical ram, and being operable for engaging the mold clamping ram and the mechanical ram with each other in order to apply the hydraulic driving force of the mold clamping ram of the mold clamping cylinder device to the mechanical ram as a mold clamping force.

In this preferred form of the first aspect of the present invention, the pressure-generating chamber in the form of a hollow cylindrical shape is effectively defined by the inner circumferential surface of the mechanical ram and the outer circumferential surface of the pressure-generating piston. This arrangement permits a formation of the hydraulic chamber with excellent space utilization, and effectively provides a space for disposing the biasing device, for example, between the mechanical ram and the pressure-generating piston.

According to yet, yet still another preferred form of the first aspect of the present invention, the mold clamping apparatus further comprising: a plurality of the pressure-generating cylinder devices including a plurality of pressure-generating cylinders fixed to the rear platen and disposed about an extension of a center axis of the movable platen so as to extend parallel to the center axis of the movable platen, a plurality of the pressure-generating pistons each having a hollow cylindrical shape, and being slidably movable within the plurality of pressure-generating cylinders, respectively, and a plurality of the pressure-generating chambers partially defined by outer circumferential surfaces of said hollow pressure-generating pistons, and having a volume which is decreased by a sliding movement of the plurality of the pressure-generating pistons in a direction remote from the movable platen; a plurality of the movable-platen-driving-electric motors disposed on the movable platen and adapted to rotate the first ball-screw shafts in forward and reversed direction; a plurality of the first ball-nuts thread-engaged

with the plurality of the first ball-screw shaft and fixed to the plurality of pressure-generating pistons; a plurality of biasing devices adapted to bias the pressure-generating pistons of the pressure-generating cylinder devices toward the movable platen in an axial direction; the mold clamping cylinder device including the mold clamping cylinder fixedly disposed on the rear platen such that a center axis of the mold clamping cylinder is aligned with the center axis of the movable platen, the mold clamping ram having a hollow cylindrical shape being slidably movable within the mold clamping cylinder, and the mold clamping chamber partially defined by an outer circumferential surface of the mold clamping ram and having a volume which is decreased by a sliding movement of the mold clamping ram in a direction remote from the movable platen; a hydraulic device being operable to prohibit a fluid communication between the pressure-generating chambers and the mold clamping chamber for fixedly positioning the pressure-generating pistons relative to the pressure-generating cylinders, so that the movable platen fixed with the pressure-generating cylinders is moved toward and away from the stationary platen for closing and opening the mold, while being operable to allow a fluid communication between the pressure-generating chambers and the mold clamping chamber for a slidably movement of the pressure-generating piston, so that hydraulic pressure generated in the pressure-generating chamber by the rotation of the first ball-screw shaft is applied to the mold clamping chamber of the mold clamping cylinder device, thereby applying a hydraulic driving force to the mold clamping ram; a mechanical ram fixedly disposed on the movable platen so as to extend toward the rear platen along the center axis of the movable platen; the engaging device disposed between the mechanical ram and the mold clamping cylinder device, and being operable to engage the mechanical ram and the mold clamping ram relative to each other for applying the hydraulic driving force generated by the mold clamping cylinder device to the mechanical ram as the mold clamping force; and an electrically-operated ejector device of ball-screw type including an ejector plate fixed to the movable plate, a second ball-screw shaft located in a bore of the hollow mechanical ram and fixed to one of the mechanical ram and the ejector, a second ball-nut threaded-engaged with the second ball-screw shaft and fixed to the other of said mechanical ram and the ejector; and an ejecting electric motor adapted to rotate the second ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of the second ball-screw shaft and nut, thereby driving the ejector.

The second object of the present invention may be achieved according to a second aspect of this invention, which provides a method of controlling operation of a mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the invention, wherein the apparatus further includes a plurality of first engageable protrusions formed on one of the mold clamping ram and the movable platen such that the plurality of first engageable protrusions are spaced apart from each other at regular intervals in a direction in which the mold clamping ram and the movable platen are moved relative to each other, and an engaging member formed on the other of the mold clamping ram and the movable platen and having a plurality of second engageable protrusions which are engageable with the first engageable protrusions, the engaging member being moved toward and away from the first engageable protrusions, the method comprising the steps of: (a) fixing a sample mold consisting of a movable mold half and a stationary mold half to said movable and stationary platens, respectively, the sample mold having a

thickness smaller than that of a employed mold to be fixed; (b) moving the movable platen to a mold closing position thereof where the stationary and movable mold halves are held in contact with each other to close the sample mold between the stationary and movable platens; (c) detecting an axial position of the movable platen which is placed in the mold closing position, as an initial position of the movable platen in the axial direction; (e) adjusting an axial position of the mold clamping ram relative to the mold clamping cylinder in order to assure an engagement of the first and second engageable protrusions; (f) detecting an adjusted axial position of the mold clamping ram as a reference position of the mold clamping ram in the axial direction; and (g) adjusting a position of the mold clamping ram relative to the mold clamping cylinder in the axial direction, based on detected data with respect to the initial position of the movable platen and the reference position of the mold clamping ram, in order to assure the engagement of the first and second engageable protrusions, when the movable platen is held in the mold closing position to close an optional mold interposed between the movable and stationary platens.

In a method of controlling the operation of the mold clamping apparatus according to the second aspect of the present invention, the mold clamping ram of the mold clamping cylinder device and the movable platen are stably engaged or connected with each other by means of the engaging device, immediately after the movable platen has been moved to the mold closing position by the rectilinear driving force of the movable-platen-driving device of ball-screw type, irrespective of the thickness of the optional mold. This arrangement permits effectively stabilizing injection-molding operation using the mold clamping apparatus, and effectively shortening a cycle time of the injection molding operation using the mold clamping apparatus.

The second object of the present invention may also be achieved according to a third aspect of this invention, which provides a method of controlling operation of a mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the invention, wherein the movable-platen-driving-electric motor comprises an electric servomotor. In this case, the method further comprising the steps of: controlling an output torque of the electric servomotor, based on a hydraulic pressure in the pressure-generating chamber of the pressure-generating cylinder device, during the mold clamping apparatus clamp the mold.

In the third aspect of the invention, the electric servomotor is employed as the movable-platen-driving-electric motor, assuring an improved accuracy of control for positioning the mold, or the movable platen. Therefore, the presently preferred method makes it possible to control with high preciseness the motion of the movable platen, when the mold clamping apparatus is operated for protecting the mold in response to a detection of a foreign member existing between the mold halves, for example. In the presently preferred form of the method, the position of the mold upon ejecting the molded article from the mold, can be suitably controlled with high preciseness, thereby reducing a ratio of fail in chucking of the molded article ejected from the mold. For instance, the output torque of the servomotor may be controlled based on the hydraulic pressure force in the mold clamping chamber which is applied as the mold clamping force to the movable platen, permitting a control of the mold clamping force with high-preciseness and with high responsibility.

Alternatively, the second object of the present invention may also be achieved according to a fourth aspect of this

invention, which provides a method of controlling operation of a mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the invention, wherein movable-platen-driving-electric motor comprises an electric servomotor. In this case, the method further comprises the steps of: decreasing a hydraulic pressure in the mold clamping chamber by gradually decreasing a value of an output torque of the servomotor to a predetermined value so that a decrease of a hydraulic pressure in the mold clamping chamber is completed.

In the above form of the method, the output torque of the electric servomotor is controlled to be gradually reduced, effectively, stably and easily decreasing a magnitude of impact occurring upon decreasing the mold clamping force in a mold clamping force decreasing operation.

Further, the second object of the present invention may also be achieved according to a fifth aspect of this invention, which provides a method of controlling operation of a mold clamping apparatus constructed according to the first aspect of the invention, wherein the movable-platen-driving-electric motor comprises an electric servomotor. In this case, the method further comprising the steps of: decreasing a hydraulic pressure in the mold clamping chamber by changing gradually or continuously a rotation speed of the servomotor in a direction for generation a reduction of the hydraulic pressure in the mold clamping chamber, until is detected at least one of conditions: that a predetermined period of time has passed which is required for decreasing the pressure in the mold clamping chamber, and that the pressure in the mold clamping chamber has been reduced to a predetermined level.

In the above form of the method, the rotation speed of the servomotor is controlled, thereby effectively, stably and easily decreasing a magnitude of impact occurring upon decreasing the mold clamping force in the mold clamping force decreasing operation. In particular, since the servomotor is controlled based on its rotating velocity, the mold clamping force can be continuously reduced in the mold clamping force decreasing operation.

The above preferred forms of the method of the present invention, may be modified such that the mold clamping apparatus further includes a biasing device adapted to bias the pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of the pressure-generating cylinder device. In this case, the method further comprises the steps of: controlling an output torque of the servomotor taken into account of a force required for moving the pressure-generating piston against the biasing force applied thereto.

In the above preferred form of the second aspect of the invention, the servomotor is controlled taken into account of biasing force of the biasing device, so that the presently preferred control method permits the high-precisely control of the mold clamping force, while assuring the biasing device to generate a predetermined biasing force.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The above and optional objects, features and advantages of the present invention will be better understood by reading the following detailed description of presently preferred embodiments of the invention, when considered in connection with the accompanying drawings, in which:

FIG. 1 is a fragmentary view in longitudinal cross section of a mold clamping apparatus constructed according to one preferred embodiment of the present invention;

FIG. 2 is a view schematically showing a hydraulic device used in the mold clamping apparatus of FIG. 1;

13

FIG. 3 is a flow chart representing a control program according to which an engaging position of a mold clamping ram and a mold opening and closing cylinder is adjusted;

FIGS. 4(a) and 4(b) are views schematically showing specific operation of the mold clamping apparatus for adjusting the engaging portion of the mold clamping ram and the mold opening and closing cylinder, according to the control flow of FIG. 3;

FIG. 5 is a graph showing a relationship between a mold clamping pressure and an output torque of a servomotor, based on which is controlled a mold clamping pressure of the mold clamping apparatus of FIG. 1;

FIG. 6 is a graph showing a relationship between a mold clamping pressure and an output torque of a servomotor, based on which is controlled a mold clamping pressure decreasing operation of the mold clamping apparatus of FIG. 1;

FIG. 7 is a time chart of the mold clamping pressure-decreasing operation of FIG. 6;

FIG. 8 is a time chart of another mold clamping pressure-decreasing operation of the mold clamping apparatus of FIG. 1, which is controlled based on a rotating velocity of the servomotor;

FIG. 9 is a partially cross sectional plane view of a mold clamping apparatus constructed according to another preferred embodiment of the invention; and

FIG. 10 is an enlarged fragmentary view of the mold clamping apparatus of FIG. 9.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Referring first to FIG. 1, there is schematically shown the mold clamping apparatus used in an injection-molding machine, constructed according to a first embodiment of the present invention. The mold clamping apparatus includes a mold opening and closing cylinder 12 as a mechanical ram which is supported by a base 10 of the injection molding machine so as to axially movably extend in a horizontal direction, and a movable platen 14 fixed to one of opposite axial ends of the mold opening and closing cylinder 12. The mold opening and closing cylinder 12 is reciprocally moved in its axial direction so that the movable platen 14 is reciprocally moved toward and away from a stationary platen (not shown) disposed opposite to the movable platen 14. As well known in the art, the movable platen 14 is supported by means of a plurality of tie bars (not shown) and is reciprocally movable along the tie bars from its fully retracted position on the left-hand as seen in FIG. 1 to its fully advanced position on the right-hand as seen in FIG. 1.

Described more specifically, the mold clamping device of the present embodiment further includes a bracket 16 disposed on the base 10, and a first ball-screw shaft 18 extending in its axial direction parallel to the horizontal direction. The first ball-screw shaft 18 is supported at one of its axially opposite ends i.e., at its left-hand end as seen in FIG. 1 by the bracket 16 via a bearing 19 such that the first ball-screw shaft 18 is rotatable about its axis while being immovable in its axial direction. The first ball-screw shaft 18 has a right-hand protruding portion 18a protruding from one of axial end faces (right-hand end face) of the bracket 16 with a sufficient axial length, and a left-hand protruding portion 18b protruding from the other axial end face (left-hand end face) of the bracket 16 with a slight axial length. The left-hand protruding portion 18b of the first ball-screw shaft 18 is fixed with a first toothed pulley 20. A first

14

servomotor 22 as a movable-platen-driving-electric motor is fixed to the bracket 16 and the output shaft of the first servomotor 22 is fixed to a second toothed pulley 24. The first and second toothed pulleys 20, 24 are mechanically connected with each other by a toothed belt 25 wound around the outer circumferential surfaces of the pulleys 20, 24, so that the rotation of the first ball-screw shaft 18 is generated and controlled by rotation of the first servomotor 22 transmitted through the first and second toothed pulleys 20, 24 and the toothed belt 25.

The mold opening and closing cylinder 12 has a generally hollow cylindrical shape and is radially outwardly disposed of the right-hand protruding portion 18a of the first ball-screw shaft 18 with a given spacing therebetween, so as to cover the outer circumferential surface of the first ball-screw shaft 18. The mold opening and closing cylinder 12 which is disposed coaxial with the ball-screw shaft 18 is movable relative to the ball-screw shaft 18 in the axial direction. In the advanced-side or right-hand axial open end of the mold opening and closing cylinder 12, there is inserted a cylindrical outward flange member 28 which extends with an axial length smaller than that of the mold opening and closing cylinder 12 (a substantially half of the axial length of the mold opening and closing cylinder 12; in this embodiment). The outward flange member 28 has a small-diameter portion 30a and a large-diameter portion 30b, such that the small-diameter portion 30a is located within a bore of the mold opening and closing cylinder 12, while the large-diameter portion 30b is placed on and bolted to the advanced-side axial open end face of the mold opening and closing cylinder 12. The small-diameter portion 30a of the outward flange member 28, which is located within the bore of the mold opening and closing cylinder 12, has an inside diameter larger than the outside diameter of the first ball-screw shaft 18, and has an outside diameter smaller than the inside diameter of the mold opening and closing cylinder 12. Thus, the first ball-screw shaft 18 is reciprocally and rotatably movable within a bore of the outward flange member 28, while the mold opening and closing cylinder 12 cooperate with the outward flange member 28 to define therebetween an annular cylinder receiving space 32 which is open in the retracted-side axially open end of the mold opening and closing cylinder 12. The mold opening and closing cylinder 12 has an axial length slightly larger than that of the right-hand protruding portion 18a of the first ball-screw shaft 18. Therefore, the advanced-side axial open end 26 of the mold opening and closing cylinder 12 is protruded from the corresponding axial end face of the first ball-screw shaft 18 with a slight axial length, to be fixed with the movable platen 14.

Within the bore of the mold opening and closing cylinder 12, a cylindrical piston 34 as a pressure-generating piston, is slidably, reciprocally and fluid-tightly movable in the axial direction. The cylindrical piston 34 has a large-diameter portion 38 at its left-hand axial end, while the bore of the mold opening and closing cylinder 12 has a large-diameter portion 36 at its retracted-side portion adjacent to the bracket 16. The large-diameter portion 38 of the cylindrical piston 34 is slidably and fluid-tightly fitted into the large-diameter portion 36 of the bore of the cylinder 12 to define therebetween a hydraulic chamber 40 in the form of a cylindrical void as a pressure-generating chamber.

That is, the hydraulic chamber 40 has a volume which is changed by the reciprocal movement of the cylindrical piston 34 within the mold opening and closing cylinder 12. The volume of the hydraulic chamber 40 is decreased by the movement of the cylindrical piston 34 toward its fully

15

advanced position located in the right hand of FIG. 1, and increased by the movement of the cylindrical piston 34 toward its fully retracted position located in the left hand as seen in FIG. 1. In the interface between the inner circumferential surface of the mold opening and closing cylinder 12 and the outer circumferential surface of the cylindrical piston 34, there is disposed a plurality of annular sealing member 42 which are fitted on the outer circumferential surface of the cylindrical piston 34 at the axially opposite ends thereof so that the hydraulic cylinder chamber 40 is interposed between the sealing members 42. It is noted that the mold opening and closing cylinder 12 and the cylindrical piston 34 are cooperate to constitute a pressure-generating cylinder device.

The right-hand axial end portion of the cylindrical piston 34 is always radially outwardly disposed on and slidably contact with the outward flange member 28 such that a plurality of protrusions 47 formed in the inner circumferential surface of the cylindrical piston 34 are engaged with a plurality of grooves 44 formed in the outer circumferential surface of the flange member 28. This arrangement permits a relative displacement of the cylindrical piston 34 and the outward flange member 28 along the protrusions and grooves, and inhibits a relative rotation of the piston 34 and the flange member 28 about the center axis of the cylinder 12.

Further, a coil spring 46 is disposed radially outwardly of the outward flange member 28. The coil spring 46 is adapted to apply a biasing force to the cylindrical piston 34 so that the cylindrical piston 34 is held in its fully retracted position for increasing the volume of the hydraulic chamber 40. The fully retracted position of the cylindrical piston 34 is defined by an abutting contact of the cylindrical piston 34 with an radially inward protrusion 50 having an annular shape fixed to the retracted-side open end of the mold opening and closing cylinder 12.

A first ball-nut 48 is thread engaged with the first-ball-screw shaft 18 and is bolted to the retracted end portion of the cylindrical piston 34. In this arrangement, the first ball-nut 48 is slidably movable within a bore of the mold opening and closing cylinder 12 together with the cylindrical piston 34, while being unrotatable about a center axis of the cylindrical piston 34.

In the mold clamping apparatus constructed as described above, the first ball-screw shaft 18 is rotated by the first servomotor 22 so that the first ball-nut 48 and the cylindrical piston 34 fixed to the first ball-nut 48 are moved in the axial direction, since the rotation of the first ball-screw shaft 18 is converted to the longitudinal motion of the first ball-screw shaft 18 and the first ball-nut 48. In this respect, the cylindrical piston 34 is forcedly placed in its initial position, i.e., its fully retracted position by means of the coil spring 46. Therefore, the cylindrical portion 34 is held in its initial position and moved together with the mold opening and closing cylinder 12 toward its fully advanced position, until a driving force in the advanced direction, which is generated by the rotation of the first screw shaft 18, and which is applied to the first ball-nut 48, exceeds the sum of the hydraulic pressure force of the hydraulic chamber 40 and the biasing force of the coil spring 46. In this condition, namely, the sum of the hydraulic pressure and the biasing force is larger than the driving force in the advanced direction, the first ball-screw shaft 18 is rotated in the reverse direction, and the driving force in the retracted direction is applied to the first ball-nut 48, the mold opening and closing cylinder 12 and the cylindrical piston 34 are retracted together in the axial direction, with the cylindrical piston 34 being held in abutting contact with the radially inward protrusion 50.

16

By the reciprocal movement of the mold opening and closing cylinder 12 in the axial direction as described above, the movable platen fixed to the mold opening and closing cylinder 12 is accordingly reciprocally moved in the axial direction for thereby opening and closing the mold. In the present embodiment, the first ball-screw shaft 18, the first ball-nut 48 and the first servomotor 22 are cooperated to each other to constitute a movable-platen-driving device.

As illustrated in FIG. 2, the mold clamping apparatus of the present embodiment includes a hydraulic unit 52 constituting a hydraulic circuit connected to the hydraulic chamber 40. The hydraulic unit 52 includes a first and a second solenoid operated switch valve 54, 56 by which the hydraulic chamber 40 is alternately connected to and disconnected from the hydraulic unit 52. With the hydraulic chamber 40 being disconnected from the hydraulic unit 52, the first ball-screw shaft 18 is rotated so that the mold opening and closing cylinder 12 is moved integrally with the cylindrical piston 34 in the axial direction.

On the outer circumferential surface of the mold opening and closing cylinder 12, there is disposed a generally cylindrical mold clamping cylinder 58 with a radial spacing therebetween. The mold clamping cylinder 58 is integrally formed with a rear platen and fixedly supported by a bracket 64 protruded from the base 10, in the vertical direction, such that the mold clamping cylinder 58 is never interfere the motion of the mold opening and closing cylinder 12. The mold clamping cylinder 58 has an axially intermediate tapered portion whose diameter gradually increases toward the advanced side of the mold opening and closing cylinder 12, which is located adjacent to the movable platen 14, and a small-diameter sealing flange 60 and a large-diameter sealing flange 62 which are bolted to the small-diameter and large-diameter axial open ends of the intermediate tapered portion, respectively.

Within the mold clamping cylinder 58, a mold clamping ram 66 is slidably movable in the axial direction. The mold clamping ram 66 has an inside diameter larger than the outside diameter of the mold opening and closing cylinder 12, so that the mold clamping ram 66 is radially outwardly disposed of the mold opening and closing cylinder 12, with a suitable radial spacing therebetween, without disturbing the motion of the mold opening and closing cylinder 12. In addition, the mold clamping ram 66 has a configuration similar to that of the mold clamping cylinder 58 with a slightly small dimension. The mold clamping ram 66 has an intermediate tapered portion 68 whose diameter gradually increases toward the advanced side of the mold opening and closing cylinder 12, and a small-diameter cylindrical portion 70 and a large-diameter cylindrical portion 72 which are integrally formed with the small and large-diameter open ends of the intermediate tapered portion, respectively.

That is, the mold clamping ram 66 is slidably movable within the mold clamping cylinder 58 such that the interface between the small-diameter cylindrical portion 70 of the mold clamping ram 66 and the small-diameter sealing flange 60 is slidably and fluid-tightly sealed by an annular sealing member 74 interposed therebetween, while the interface between the large-diameter cylinder portion 72 of the mold clamping ram 66 and the large-diameter sealing flange 62 is slidably and fluid-tightly sealed by the annular sealing member 74 interposed therebetween. This arrangement provides a mold clamping chamber 76 defined between the mold clamping cylinder 58 and mold clamping ram 66 which extends in the circumferential direction. The hydraulic pressure generated in the mold clamping chamber 76 is applied to the mold clamping ram 66 so that the mold

17

clamping ram 66 is moved toward its advanced position in the axial direction. In the present embodiment, the mold clamping cylinder 58 and the mold clamping ram 66 cooperate to constitute a mold clamping device.

According to the present embodiment, the mold clamping cylinder 58 is adapted to support a second servomotor 78 used as a positioning electric motor, which is served to adjust and control axial positions of the mold clamping ram 66 and the mold clamping cylinder 58 relative to each other.

The end face of the large-diameter cylindrical portion 72 of the mold clamping ram 66 is fixed with an engaging device 79 as an engaging device. The engaging device 79 includes a pair of semi circular nut halves 80, 80 which are opposite to each other in the diametric direction thereof, and guide housings 82, 82 which are fixedly disposed on the mold clamping ram 66, by which the nut halves 80, 80 are supported diametrically movable and axially immovable. The guide housings 82, 82 are fixed with cylinder devices 84, 84, respectively, by which the nut halves 80, 80 are moved toward and away from each other, thereby the pair of nut halves 80, 80 are moved toward and away from the mold opening and closing cylinder 12.

Each of the nut halves 80, 80 has an inner surface opposite to the outer circumferential surface of the opening and closing cylinder 12, which is formed with a plurality of first engageable protrusions 86 which extend in the circumferential direction of the nut half 80 with a serrated shape in cross section, and are equally spaced apart from each other in the axial direction. On the other hand, the outer circumferential surface of the mold opening and closing cylinder 12 is also formed with a plurality of second engageable protrusions 88 which extend in the circumferential direction thereof, with a serrated shape in cross section corresponding to that of the first protrusions, and which are equally spaced apart from each other in the axial direction. The first and second protrusions 86, 88 are similarly arranged in the axial direction at regular intervals.

When the pair of nut halves 80, 80 are held by the respective cylinder devices 84, 84 in the retracted positions thereof that are remote from the mold opening and closing cylinder 12 in the radial direction, the mold clamping ram 66 is disconnected from the mold opening and closing cylinder 12 and can be moved in the axial direction without any restriction by the mold clamping ram 66.

After the mold opening and closing cylinder 12 is advanced to some extent so that the second engageable protrusions 88 formed on the outer circumferential surface of the mold opening and closing cylinder 12 are opposite to the first engageable protrusions 86, 86 formed on the inner circumferential surface of the nut halves 80, 80 with a radial spacing therebetween, the pair of nut halves 80, 80 are moved by the respective cylinder device 84, 84 toward the advanced position thereof so as to engage or connect the first and second engageable protrusions 86, 88 with each other. In this condition, the mold clamping ram 66 is integrally connected with the mold opening and closing cylinder 12 via the engaging device 79 so that the ram 66 is immovable in the axial direction relative to the mold opening and closing cylinder 12. In the present embodiment, a sensor 90 such as a limit switch is disposed in the vicinity of the nut halves 80, 80 for detecting the radial direction of the nut halves 80, 80. Based on the output signal of the sensor 90, it is determined whether the nut halves 80, 80 and the mold opening and closing cylinder 12 are engaged with each other or not.

With the mold clamping ram 66 and the mold opening and closing cylinder 12 being engaged with each other by the

18

engaging device 79, the hydraulic pressure generated in the hydraulic chamber 40 is transmitted to the mold clamping chamber 76, for thereby moving the mold clamping ram 66 toward its advanced position with the hydraulic pressure applied to the mold clamping ram 66. The hydraulic driving force applied to the mold clamping ram 66 is transmitted to the movable platen 14, thereby applying a mold clamping force to the movable platen 14.

The hydraulic unit 52 of the present invention is arranged for applying the hydraulic pressure generated in the hydraulic chamber 40 to the mold clamping chamber 76 such that the hydraulic chamber 40 of the pressure-generating cylinder device 70 is connected to the mold clamping chamber 76 and the hydraulic pressure generated in the pressure-generating cylinder device 70 is transmitted to the mold clamping chamber 76, thereby generating a hydraulic pressure in the mold clamping chamber 76. Described more specifically, the hydraulic chamber 40 is connected to the mold clamping chamber 76 via the first solenoid operated switch valve 54. The switch valve 54 is opened and closed for connecting and disconnecting between the two chambers 40, 76, respectively. With the switch valve opened for fluid communication between the two chambers 40, 76, the first ball-screw shaft 18 is rotated for applying the driving force resistive to the biasing force of the coil spring 46 to the cylindrical piston 34, thereby generating the advance movement of the cylindrical piston 34 in the axial direction. The sliding advance movement of the cylindrical piston 34 causes the compression of the coil spring 46 in the axial direction, resulting in an increase in the hydraulic pressure in the hydraulic chamber 40. Thus, the increased hydraulic pressure in the hydraulic chamber 40 is transmitted into the mold clamping chamber 76 through the first solenoid valve 54.

In the present embodiment, the mold clamping ram 66 of the mold clamping chamber 76 has a pressure-receiving surface area which is sufficiently enlarged in comparison with that of the cylindrical piston 34 of the hydraulic chamber 40. In particular, the hydraulic chamber 40 is formed between the mold opening and closing cylinder 12 and the cylindrical piston 34 with a relatively small radial spacing therebetween, assuring a sufficiently reduced pressure-receiving surface area of the cylindrical piston 34. Therefore, the hydraulic pressure generated in the hydraulic chamber 40 is sufficiently increased in the mold clamping chamber 76, resulting in a sufficiently increased axial driving force of the mold clamping ram 66, that is a sufficiently increased mold clamping force.

The present mold clamping apparatus constructed as described above is suitably operated to open and close the mold, and to clamp the mold, according to the following method, for example.

Initially, the mold opening and closing cylinder 12 is moved to its retracted position wherein the mold is open, as shown in FIG. 1. Subsequently, the first solenoid operated switch valve 54 is placed in its closed position for inhibiting the fluid communication between the hydraulic cylinder 40 and the mold clamping chamber 76. In this condition, the first servomotor 22 is operated to rotate the first ball-screw shaft 18 in its forward direction. With the forwarding rotation of the first ball-screw shaft 18, the cylindrical piston 34 and the mold opening and closing cylinder 12 are integrally moved toward the advanced position thereof. The movable platen 14 attached to the advanced axial end of the mold opening and closing cylinder 12 is accordingly moved toward its mold closing position wherein the movable platen 14 is close to the stationary platen (not shown) to close the mold therebetween.

19

After the mold is closed between the stationary and movable platens 14, the cylinder device 84, 84 are operated to move the nut halves 80, 80 to the advanced position thereof so as to be engaged with the mold opening and closing cylinder 12. Subsequently, the solenoid coil of the first solenoid-operated switch valve 54 is energized to open the first switch valve 54 for fluid communication between the hydraulic chamber 40 and the mold clamping chamber 76. With the two chambers, 40, 76 being communicated with each other, the first servomotor 22 is resume its operation to rotate the first ball-screw shaft 18 in the forward direction, so as to slidably move the cylindrical piston 34 toward its advanced position relative to the mold opening and closing cylinder 12. The advanced movement of the cylindrical piston 34 causes an increase in the hydraulic pressure in the hydraulic chamber 40, which is transmitted to the mold clamping chamber 76 through the first switch valve 54, thereby increasing the hydraulic pressure in the mold clamping chamber 76. The increased hydraulic pressure in the mold clamping chamber 76 is applied to the mold clamping ram 66, whereby the mold clamping ram 66 and the mold opening and closing cylinder 12 are integrally moved toward the stationary platen, so that the movable platen 14 is force to the stationary plate for clamping the mold interposed therebetween.

With the mold being clamped as described above, the injection molding is operated to mold a product within the mold. Successive to the injection molding, the hydraulic pressure in the mold clamping chamber 76 is decreased as follows: Initially, with the hydraulic chamber 40 and the mold clamping chamber 76 communicated with each other by opening the first switch valve 54, the first servomotor 22 is operated to rotate the first ball-screw shaft 18 in its reverse direction, to move the movable platen 14 toward its mold closing position.

When the movable platen 14 is moved to its mold closing position, the cylinder devices 84, 84 are operated to move the nut halves 80, 80 toward the retracted position thereof for loosening the engagement between the nut halves 80, 80 and the mold opening and closing cylinder 12. Subsequently, the solenoid coil of the first solenoid operated switch valve 54 is de-energized to close the switch valve 54 for fluid-tightly enclosing the hydraulic chamber 40. In this condition, the first servomotor 22 resumes its operation to rotate the first ball-screw shaft 18 in the reverse direction, whereby the cylindrical piston 34 and the mold opening and closing cylinder 12 are integrally slidably moved toward the mold opening position thereof, thereby opening the mold.

In the present mold clamping apparatus, it is required to engage or connect the nut halves 80, 80 with the mold opening and closing cylinder 12, after the mold closing operation and before the mold clamping operation. Insufficient positioning of the first and second engageable protrusions 86, 88 relative to each other may possibly cause fail in engagement between the first and second engageable protrusions 86, 88. For suitable engagement of the nut halves 80, 80 and the mold opening and closing cylinder 12, the operation for positioning of the first engageable protrusions 86, 86 relative to the second engageable protrusions 88, using the second servomotor 78, may be suitably controlled according to the following method, for example. In this respect, a suitable controller (not shown) including an input portion, a micro processor unit (MPU), a memory portion, a setting portion and output portion may be utilized for controlling the operation of the second servomotor 78, as well known in the art.

Initially, an absolute angular-position of the first servomotor 22 is determined according to the following method,

20

for example. In this respect, the absolute angular-position of the first servomotor 22 is determined to provides a reference position of the mold clamping ram 66 relative to the mold opening and closing cylinder 12 in which the first and second engageable protrusions 86, 88 are fully engaged with each other. First, a sample mold consisting of a pair of mold halves in the form of a metallic block are fixed to the stationary and movable platens, respectively. The sample mold has a thickness as a minimum reference mold thickness which is made smaller than that of an employed mold to be fixed these platens in the molding operation. Subsequently, the mold opening and closing cylinder 12 is advanced either by a manual operation or by a reduced-speed operation, until the mold halves are brought into an abutting contact with each other at the mold closing position, in order to detect a mold closing position of the mold opening and closing cylinder 12 as a mechanical zero position of the mold opening and closing cylinder 12, as an initial position of the movable platen. In this condition, an angular-position of the first servomotor 22 is also detected and stored in the memory portion of the controller indicated above as the neutral angular position (0.00 mm) of the first servomotor 22.

Then, the fully retracted position of the mold clamping ram 66 (mechanical limit of the retracted movement thereof) is measured based on the fully advanced position of the ram 66 (mechanical limit of the advanced movement thereof) as a mechanical zero position of the mold clamping ram 66, and the measurement A(mm) is stored in the memory portion of the controller. In order to engage the first engageable protrusions 86 of the half nuts 88, 88 with the second engageable protrusions 88 of the mold opening and closing cylinder 12 in the condition as shown in FIG. 4(a), that is, in the condition that the mold opening and closing cylinder 12 is held in its mold closing position, i.e., the first servomotor 22 is held in its neutral angular position, and the mold clamping ram 66 is held in its fully retracted position, an axial position of the mold clamping cylinder 58 relative to the mold clamping ram 66 is mechanically adjusted. In this condition, the fully retracted position of the mold clamping ram 66 is detected and stored as the above-indicated reference position of the mold clamping ram 66 in the memory portion of the controller, while the angular position of the first servomotor 22 which provides the reference position of the mold clamping ram 66, is detected and stored as the absolute value of the first servo motor 22.

Subsequently, the employed mold consisting of a movable and stationary mold halves are fixed to the movable and stationary platens, respectively. A desired angular position of the second servomotor 78 is calculated according to a calculation-flow as shown in FIG. 3 so that the axial position of the mold clamping ram 66 is adjusted relative to the mold opening and closing cylinder 12 which is held in its mold closing position, whereby the first and second protrusions 86, 88 are fully engaged with each other. The desired angular position of the second servomotor 78 is calculated as follows, for example: First, there is calculated a desirable range of the amount of the axial displacement of the mold clamping ram 66, according to the following equations: (1) and (2). Then, the desired angular position of the servomotor 78 is calculated in order to place the mold clamping ram 66 on a desired axial position (X mm) for assuring the fully engagement of the first and second protrusions 86, 88.

$$F = E + B \quad (1)$$

$$E < D \leq F \quad (2)$$

where

D (mm) is the desired range of the amount of the axial displacement of the mold clamping ram 66;

A (mm) is the fully retracted position of the mold clamping ram 66, so that the mold clamping ram 66 is mechanically retractable to its fully retracted position relative to the mold opening and closing cylinder 12;

B (mm) is an axial pitch of the first or second engageable protrusions that is equal to an actually required amount of axial displacement of the mold clamping ram 66, relative to the mold opening and closing cylinder 12 for assuring the fully engagement of the first and second engageable protrusions, so that the value of B is set to the desired range D;

E (mm) is a minimum value of D, which is determined taken into account an amount of extension of the tie bars upon clamping the mold; and

F (mm) is a maximum value of D, which is calculated according to the above-indicated equation (1) provided that the value of F is smaller than the value of A.

There will be described in detail the calculation for calculating the desired angular position of the second servomotor 78 with reference to the flow chart of FIG. 3.

When the calculation of the desired angular position of the second servomotor 78 is started, the control flow of the controller goes to Step 1 to calculate the desired range: D of the amount of the axial displacement of the mold clamping ram 66, according to the above-indicated equations (1) and (2) as discussed above. The Step 1 is followed by Step 2 to obtain an absolute position: H of the mold opening and closing cylinder 12 in its axial direction, upon closing the mold, by subtracting a value: C of the thickness of the sample mold from a value: G of the thickness of the employed mold. The absolute position: H represent the axial position of the mold opening and closing cylinder 12 as shown in FIG. 4(b) with respect to the axial position of the mold opening and closing cylinder 12 as shown in FIG. 4(a). Step 2 is followed by Step 3 wherein the absolute position: H obtained in Step 2 is divided by a pitch of the first and second protrusions in order to obtain a remainder: J. Step 3 is followed by Step 4 to determine whether a value: K obtained by subtracting the pitch: B from the fully retracted position: A is not larger than zero. If an affirmative decision is obtained in Step 4, the control flow of the controller goes to Step 5 to sum up the values J and K to obtain a value: L. If a negative decision is obtained in Step 4, the control flow of the controller goes back to Step 4. This means that the Step 4 is repeated until the value K becomes not larger than zero.

Step 5 is followed by Step 6 to determine whether the value: L is larger than the above-indicated minimum value: E of the desired range: D of the amount of the axial displacement of the mold clamping ram 66. If a negative decision is obtained in Step 6, the control flow of the controller goes to Step 6' to add the value of pitch: B to the value: L, and then goes back to Step 6. This means that the Step 6 is repeated until the value: L becomes larger than the value: E, and not larger than the value: F. It is noted that the value: J is certainly smaller than the value: B, so that the value J is always smaller than or equal to the above-indicated maximum value: F of the value: D.

Step 6 is followed by Step 7 to set the obtained value: L to the above-indicated desired axial position X of the mold clamping ram 66, whereby the desired angular position of the second servomotor 78 is accordingly determined. The control flow of the controller is terminated.

Referring next to FIG. 4(a), there will be described in detail the calculation for obtaining the desired angular position of the servomotor 78, based on specific values, which are indicated in the following Table 1, of one example of the present mold clamping apparatus by way of example.

TABLE 1

ITEMS	SYMBOLS	VALUES (mm)
Mechanical limit of axial displacement of Ram 66	A	20.00
Pitch of first or second engageable protrusions	B	12.00
Minimum reference mold thickness	C	200.00
Minimum value of the desired range: D of the amount of axial displacement of Ram 66	E	6.00
Mold thickness of employed mold	G	234.56

$$\begin{aligned}
 F &= E + B = 6.00 + 12.00 = 18.00 \text{ (mm)} \\
 H &= G - C = 234.56 - 200.00 = 34.56 \text{ (mm)} \\
 H/B &= 34.56/12.00 = 2 \text{ with a remainder of } 10.56 \therefore J = 10.56 \\
 K &= A - B = 20 - 12 = 8.00 \\
 0 &< K, \text{ therefore,} \\
 K &= 8.00 - 12.00 = -4.00 \text{ (mm)} \\
 L &= J + K = 10.56 - 4 = 6.56 \text{ (mm)} \\
 E &< L, \text{ therefore,} \\
 X &= L = 6.56 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

As illustrated in FIGS. 4(a) and 4(b), the mold clamping ram 66 is moved from its mechanical zero position toward its fully retracted position by the amount of $X=6.56$ mm, thereby suitably positioning the mold clamping ram 66 relative to the mold opening and closing cylinder 12 held in its mold closing position, assuring the engagement of the first and second engageable protrusions 86, 88 of the nut halves 80, 80 and the mold opening and closing cylinder 12.

In addition, the operation of the mold clamping apparatus constructed according to the present embodiment may be controlled by utilizing a pressure sensor 92 as shown in FIG. 2, for example. More specifically, the output torque of the first servomotor 22 is feedback controlled based on the hydraulic pressure force of the hydraulic chamber 40 and the mold clamping chamber 76 detected by the pressure sensor 92, resulting in improved accuracy of control of the operation of the apparatus.

Referring to FIG. 5, there is shown a graph showing a relationship between the output torque of the first servomotor 22 and the generated mold clamping pressure. As is apparent from FIG. 5, the output torque includes an initial output torque corresponding to a force resisting to the biasing force of the coil spring 46, in addition to an output torque corresponding to the hydraulic pressure force acting as the mold clamping force. This means that the mold clamping pressure is controlled taken into account the initial torque of the first servomotor 22.

According to the operation of the mold clamping apparatus of the present embodiment, the mold clamping pressure is decreased after the injection-molding operation. The mold clamping pressure decreasing operation is executed by controlling the output torque of the first servomotor 22, thereby eliminating or moderating abrupt change of the hydraulic pressure in the mold clamping chamber 76 which may cause undesirable impact. For effectively decreasing the mold clamping pressure in the mold clamping chamber 76, the output torque of first servomotor 22 may preferably be controlled as follows: Namely, the value of the output torque of the first servomotor 22 is gradually decreased from

23

a value: M which is generated in the mold clamping operation, to a value: T0 which is generated when the mold clamping pressure decreasing operation is completed, at a plurality number (N) of operation stages, within a predetermined period of time: (t). Referring to FIGS. 6 and 7, there are shown a graph showing a change of the output torque of the first servomotor 22 which is controlled by a four-stage control operation, and a time chart for illustrating the steps of the mold clamping operation of the present embodiment, wherein the output torque of the first servomotor 22 is controlled by the four-stage control operation, by way of example. In FIG. 7, an "first servomotor positioning process" is executed for placing the servomotor 22 in its neutral angular position, and an "engaging device loosening process" is executed for moving the nut halves 80, 80 remote from the mold opening and closing cylinder 12.

Alternatively, the first servomotor 22 may be controlled based on its rotating velocity, for decreasing the mold clamping pressure. Specifically, the first servomotor 22 is rotated in the reverse direction upon detection of the input signal indicative of the start of the mold clamping pressure decreasing operation. The rotating velocity (V) of the first servomotor 22 is controlled during a predetermined period of time: (t) which is require for decreasing the mold clamping pressure, thereby effectively decreasing the mold clamping pressure. It is desirable that the value (V) of the rotating velocity of the first servomotor 22, the number of control steps, and the period of time for each control step are made adjustable.

The mold clamping pressure decreasing operation may otherwise be arranged such that the mold clamping pressure decreasing process is immediately finished when the measurement value: P of the mold clamping pressure comes up to a predetermined value: p sufficient for finishing the mold clamping pressure decreasing operation, even if the predetermined period of time: t required for the mold clamping pressure decreasing operation has not yet passed. FIG. 8 is a time chart illustrating the control steps of mold clamping operation of the present embodiment, wherein the rotating velocity of the first servomotor 22 is controlled by a four-stage control operation, by way of example.

Referring next to FIGS. 9 and 10, there is illustrated the mold clamping apparatus of the injection molding machine, which apparatus constructed according to the second embodiment of the present invention. The mold clamping apparatus includes a stationary and rear platens 102, 104 which are individually fixedly supported by a base 100 of the injection molding machine such that they are opposite to and remote from each other. Like the mold clamping apparatus of the first embodiment, four tie bars 106 extend parallel to each other over the stationary and rear platens 102, 104, and a movable platen 108 is supported by means of the four tie bars 106 so as to be movable along the tie bars 106 between the stationary platen 102 and the rear platen 104.

Between the rear and movable platens 104, 108, there is disposed a driving unit driven by an electric motor by which the movable platen 108 is moved toward and away from the stationary platen 102. To the stationary and movable platens 102, 108, there are respectively attached a stationary and movable mold halves of a mold (not shown). By the reciprocal movement of the movable platen 108, the movable mold half is moved toward the stationary mold half in order to close and clamp the mold, and is moved from the stationary mold half in order to open the mold.

There will be described a specific construction of the driving unit of electric-motor type of the present embodiment.

24

The driving device includes a pair of movable-platen-driving devices of screw-feed type 110, 110. The movable-platen-driving devices 110, 110 are disposed opposite to each other in a direction perpendicular to a center axis of the rear and movable platens 104, 108. Similarly, the pressure-generating cylinder devices 112, 112 are disposed opposite to each other in the same direction. The driving device further includes a mold clamping cylinder device 114 which is radially outwardly disposed of the center axis of the rear and movable platens 104, 108. In the driving device of the present embodiment, the movable-platen-driving devices 110, 110 are adapted to move the movable platen 108 toward and away from the stationary platen 102 at a relatively high velocity, while the pressure-generating cylinder devices 112, 112 and the mold clamping cylinder device 114 are adapted to apply a sufficiently large mold clamping force between the movable and stationary platens 108, 102.

Described more specifically, the movable-platen-driving devices 110, 110 include: first servomotors 116, 116 as a movable-platen-driving-electric motor, which are fixed to the horizontally opposite surfaces of the movable plate 108, respectively; and first ball-screw shafts 118, 118 which are disposed on the horizontally opposite sides of the rear platens 104 so as to extend parallel to a direction of movement of the movable platens 108, i.e., the center axis of the movable platen 108. Each of the first ball-screw shafts 118, 118 is supported at its advanced-hand axial end by the movable platen 108 such that the first ball-screw shaft 118 is rotatable about its axis and immovably in the axial direction. The first ball-screw shafts 118, 118 are fixed to the output shafts of the first servomotors 116, 116, respectively. Each of the first servomotors 116 has an encoder 120 for detecting an amount of rotation thereof.

Each movable-platen-driving device 110 further includes a first ball-nut 122 which is thread-engaged with the first ball-screw shaft 118 and located on the side of the rear platen. The first ball-nuts 122, 122 are respectively supported by the pressure-generating cylinder devices 112, 112 which are fixed to respective surfaces of the rear platen 104.

Each pressure-generating cylinder device 112 includes a cylindrical pressure-generating cylinder 124 and a pressure-generating piston 126 reciprocally movable within a bore of the pressure-generating cylinder 124. The outer circumferential surface of the pressure-generating piston 126 and the inner circumferential surface of the pressure-generating cylinder 124 cooperate to define therebetween a pressure chamber 128. The pressure-generating cylinder device 112 is arranged such that the movement of the pressure-generating piston 126 in a direction remote from the stationary platen 102 (toward the left-hand end of the cylinder 124 as seen in FIG. 9) decrease the volume of the pressure-generating chamber 128.

The pressure-generating cylinder device 112 further includes a coil spring 130 interposed between the pressure-generating cylinder 124 and piston 126. The coil spring 130 is adapted to apply a biasing force to the pressure-generating piston 126 so that the pressure-generating piston 126 is forcedly placed on the right-hand axial end of the cylinder 124 as seen in FIG. 9, in other words, is forcedly held in its retracted position, whereby the volume of the pressure-generating chamber 128 is made maximum. In order to hold the pressure-generating piston 126 in its retracted position with high stability, a lock cylinder 132 as a lock means is disposed on the pressure-generating cylinder 124. More specifically, the lock cylinder 132 includes a lock pin 134 reciprocally movable within a bore thereof. The lock pin 134 protrudes toward and is movable toward and away from the

25

pressure-generating piston 126 through a through hole formed through an outer circumferential surface of the pressure-generating cylinder 124. Thus, the lock pin 134 is engaged with and disengaged from the pressure cylinder piston 126. With the lock pin 134 being engaged with the pressure-generating piston 126, the pressure generating piston 126 is held in its retracted position with high stability. In this respect, the lock cylinder 132 may preferably be constituted by an air cylinder.

The pressure generating piston 126 is a hollow cylindrical member having a bore 136 wherein the first ball-nut 122 is bolted. Thus, the first ball-screw shaft 118 is movably disposed within and extends through the bore 136 of the pressure generating piston 126 and a bore of the pressure generating cylinder 124.

With the lock cylinder 132 being engaged with the pressure-generating piston 126, the first servomotor 116 is operated to rotate the first ball-screw shaft 118. The rotation of the first ball-screw shaft 118 relative to the ball-nut 112 is converted into a longitudinal motion of the first ball-screw shaft 118 so that a driving force is applied between the rear and movable platens 104, 108 in the direction in which the two platens 104, 108 are opposite to each other. Accordingly, the movable platen 108 is moved toward and away from the stationary platen 102, for thereby opening and closing the mold therebetween.

With the lock cylinder 132 being disengaged from the pressure-generating piston 126, on the other hand, the servomotor 116 is operated to rotate the first ball-screw shaft 118 relative to the ball-nut 112. In this case, the driving force applied between the rear and movable platens 104, 108 causes the sliding movement of the pressure-generating piston 126 remote from its retracted position, to thereby decrease the volume of the pressure-generating chamber 128 for generating a hydraulic pressure therein. The generated hydraulic pressure in the pressure-generating chamber 128 is applied to the mold clamping cylinder device 114, thereby driving the mold clamping cylinder device 114 to apply the mold clamping force between the movable and stationary platens 108, 102.

The mold clamping cylinder device 114 is integrally formed with the rear platen 104, and includes a mold clamping cylinder 138 whose center axis is aligned with the center axis of the movable platen 108, and a mold clamping ram 142 slidably movable within a bore 140 of the mold clamping cylinder 138. The mold clamping ram 142 has a large-diameter portion 142a located adjacent to the movable platen 108 and a small-diameter portion 142b whose end portion is always projected from the bore of the mold clamping cylinder 138 in a direction remote from the movable platen 108. As in the mold clamping apparatus of the first embodiment, the mold clamping cylinder 138 and the mold clamping ram 142 are cooperate to define therebetween a mold clamping chamber 144.

Like the mold clamping apparatus of the first embodiment, an engaging device 146 is fixed to the end face of the large-diameter portion 142a of the mold clamping ram 142. The engaging device 146 includes a pair of nut halves 148, 148 which are opposite to each other in the diametric direction thereof and having inner circumferential surfaces formed with plurality of a first engageable protrusions 147 extending in its circumferential direction and being spaced apart from each other in its axial direction with constant intervals, and a pair of cylinder devices 150, 150 adapted to move the nut halves 148, 148 in the diametric direction. The mold clamping ram 142 has a bore 152 extending in its axial direction and open in the end faces of the large- and

26

small-diameter portions 142a, 142b. A mechanical ram 154 is fixed at one of its axially-opposite end portions to one of axial end face of the movable platen 108, which is remote from the stationary platen 102, and extends in a direction remote from the stationary platen 102 through the bore 152.

Like the mold opening and closing cylinder 12 of the first embodiment, a mechanical ram 154 is a hollow cylindrical member and is positioned with respect to the movable platen 108 such that the center axis of the mechanical ram 154 is aligned with the straight line passing through the center of the movable platen 108. The mechanical ram 154 is formed with a plurality of second engageable annular protrusions 156 each having a serrated shape in cross section, which are arranged in the axial direction at regular intervals. The first engageable protrusions 147, 147 of the nut halves 148, 148 are engageable with the second engageable annular protrusions 156 of the mechanical ram 154. With the first and second engageable protrusions 147, 147, 156 being integrally and forcedly engaged with each other, the first servomotor 116 is operated to rotate the first ball-screw shaft 118 relative to the first ball-nut 122 for generating the advance movement of the pressure-generating piston 126 to increase the hydraulic pressure in the pressure-generating chamber 128. The generated hydraulic pressure in the pressure-generating chamber 128 is transmitted to the mold clamping chamber 144, whereby the mold clamping ram 142 is moved toward the movable platen 108 based on the increased hydraulic pressure in the mold clamping chamber 144. The advance movement of the mold clamping ram 142 is transmitted through the mechanical ram 154 to the movable platen 108, thereby applying the mold clamping force between the movable and stationary platens 108, 102.

With respect to the hydraulic unit 52 for controlling flow of the working fluid between the pressure-generating cylinder device 112 and the mold clamping cylinder device 114, as shown in FIG. 9, the reference numerals used in the first embodiment will be used to identify the corresponding elements, and no description of these elements will be provided.

As illustrated in FIG. 10, the mechanical ram 154 is also a hollow cylindrical member. Within a bore 158 of the mechanical ram 154, there is disposed an ejecting ball-screw shaft 160 as a second ball-screw shaft so as to extend therethrough. The ejecting ball-screw shaft 160 is supported at one of axially opposite ends, i.e., at the right-hand end by the mechanical ram 154 through a bearing 164 such that the ejecting ball-screw shaft 160 is rotatable about its axis, while being immovable in the axial direction. The ejecting screw shaft 160 further protrudes from the mechanical ram 154 toward the movable platen 108 with a given axial length. A protruding end 166 functions as a ball-screw shaft. An ejecting ball-nut 168 as a second ball-nut is thread-engaged with the protruding end 166, while being fixed to an ejector plate 170 incorporated into the movable platen 108. The ejector plate 170 has a suitable number of ejector pins 172 which are adapted to eject a molding product from the movable mold half, as well known in the art.

To the other or the left-hand axial end of the ejecting ball-screw shaft 160, on the other hand, the output shaft of an ejecting servomotor 162 as an ejecting electric motor, is fixedly connected so as not to be rotated relative to each other. Further, the ejecting servomotor 162 is disposed within the bore 158 of the mechanical ram 154 and bolted to the axial open end portion of the mechanical ram 154. The bore 158 of the mechanical ram 154 is open in its right-hand axial end to the atmosphere through a communication hole 174 formed through a base portion of the bearing 164, while

being open in its left-hand axial end to the atmosphere through a void 176 formed between the outer circumferential surface of the ejecting servomotor 162 and the bore 158, and a hole 178 formed through a flange portion 179 of the ejecting servomotor 162. The provision of the communication hole 174, the void 176 and the hole 178 promotes ventilation of the bore 158, upon reciprocal movement of the mechanical ram 154.

The ejecting servomotor 162 is operated to rotate the ejecting ball-screw shaft 160 relative to the ejecting ball-nut 168, causing a rectilinear motion of the ejecting ball-nut 168 in the axial direction. By the rectilinear motion movement of the ejector pin 172 in the axial direction, the ejector plate 170 is moved toward and away from the movable platen 108, permitting an advancing and retracting movement of the ejector pin 172 in the axial direction.

Therefore, the mold clamping apparatus constructed according to the second embodiment is capable of exhibiting desired effects like the mold clamping apparatus of the first embodiment. That is, the mold clamping apparatus of the present invention permits a mold opening and closing action at a relatively high-velocity, owing to the rectilinear motion of the movable-platen-driving devices 110, 110 directly applied to the movable platen 108. Moreover, the mold clamping apparatus is capable of generating and applying a relatively-large mold clamping force to the movable platen based on a pressure increase action of the hydraulic device comprising the pressure-generating cylinder devices 112, 112 and the mold clamping cylinder device 114.

In the mold clamping apparatus of the second embodiment, the first ball-screw shaft 118 is directly connected to the output shaft of the servomotor 116. This arrangement permits a reduction in noise and an improved accuracy of a positioning control of the ball-screw shaft 118, in comparison with the case where the first ball-screw shaft and the output shaft of the servo motor is connected by means of a suitable transmission member such as a belt.

In addition, the mold clamping apparatus constructed according to the second embodiment, is arranged such that one movable plate driving device 110 and one pressure-generating cylinder device 112 are disposed on one side of the rear and movable platens 104, 108, while the other movable plate driving device 110 and the other pressure-generating cylinder device 112 are disposed on the other side of the rear and movable platens 104, 108. Further, the first servomotors 116, 116 are supported by the movable platen 108. In this arrangement, axial length of the mold clamping apparatus of the second embodiment, is made smaller than that of the mold clamping apparatus of the first embodiment, resulting in reduction in size of the mold clamping apparatus of the second embodiment.

In the mold clamping apparatus of the second embodiment, the pressure-generating piston 126 of the pressure-generating cylinder device 112 is held in its retracted position, during the movable platen 108 is moved toward the stationary platen 102, by means of the lock pin 134 directly engaged with the outer circumferential surface of the pressure generating piston 126, in addition to the biasing force of the coil spring 130. This arrangement assures a further improved stability of the mold opening and closing action.

In the second embodiment, one movable-platen-driving device 110 and one pressure-generating cylinder device 112 are disposed on the one of opposite sides of the rear and movable platens 104, 108, while the other movable-platen-driving device 110 and the other pressure generating cylinder 112 are disposed on the other sides of the rear and

movable platens 104, 108, so that the bore 158 of the mechanical ram 154 is effectively utilized for accommodating the electrically-operated ejector mechanism of ball-screw type. This arrangement permits that both of an electrification of the ejector mechanism and an efficient arrangement of the components of the apparatus, with improved space utilization.

Moreover, the interior space of the bore 158 of the mechanical ram 154 is open to the atmosphere through the communication hole 174 formed in one of opposite axial ends of the mechanical ram 154, and the void 176 and the hole 178 formed in the other axial end of the mechanical ram 154, thereby facilitating ventilation of the interior space of the mechanical ram 154, effectively preventing or reducing undesirable generation of heat in the servomotor 162 disposed within incorporated in the bore 158 of the mechanical ram 154.

Like the first embodiment, the mold clamping apparatus constructed according to the second embodiment may desirably include the second servo motor 78 as the positioning electric motor so that the mold clamping ram 142 and the mold clamping cylinder 138 are suitably positioned relative to each other in the axial direction with high preciseness.

While the presently preferred embodiments of the present invention have been described above in detail for illustrative propose only, it is to be understood that the present invention is not limited to the details of the illustrated embodiment, but may be otherwise embodied with various other changes, modifications and improvements, which may occur to those skilled in the art, without departing from the spirit and scope of the invention.

What is claimed is:

1. A mold clamping apparatus of an injection-molding machine for clamping a mold consisting of a stationary mold half and a movable mold half, said mold clamping apparatus comprising:

- a stationary platen fixedly disposed on a base of the injection-molding machine and being fixed with the stationary mold half;
- a rear platen fixedly disposed on the base of the injection-molding machine and being opposite to and spaced apart from said stationary platen and;
- a movable platen movably disposed between said stationary and rear platens and being fixed with the movable mold half;
- an electrically-operated movable-platen-driving device of ball-screw type, including a first ball-screw shaft supported by one of said movable and rear platens, a first ball-nut threaded-engaged with said first ball-screw shaft and supported by the other of said movable and rear platens, and a movable-platen-driving-electric motor adapted to rotate said first ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of said first ball-screw shaft and nut so that said movable platen is moved toward and away from said stationary platen to close and open the mold;
- a pressure-generating cylinder device disposed on said rear platen and having a pressure-generating piston being moved by said relative longitudinal motion of said first ball-screw shaft and nut in order to generate a hydraulic pressure;
- a mold clamping cylinder device disposed on said rear platen and adapted to generate a mold clamping force based on said hydraulic pressure generated in and applied from said pressure-generating cylinder device,

29

said mold clamping cylinder device having a mold clamping ram being connectable to said movable platen for applying said mold clamping force to said movable platen; and

an engaging device having a first operating position for connecting said mold clamping ram with said movable platen, and a second operating position for disconnecting said mold clamping ram from said movable platen; said mold clamping apparatus clamping the mold such that said movable platen is moved toward said stationary platen to close the mold therebetween, and said pressure-generating cylinder is operated to generate said hydraulic pressure, based on said relative longitudinal motion of said first ball-screw shaft and nut, while said engaging device is placed in said first operating position in order to apply said mold clamping force generated in said mold clamping cylinder device to said movable platen.

2. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said pressure-generating cylinder device further includes a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device.

3. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said pressure-generating cylinder device further includes a lock device which is operable to fixedly connect said pressure-generating piston to a pressure-generating cylinder of said pressure-generating cylinder device, so as to prevent a movement of said pressure-generating piston relative to said pressure-generating cylinder.

4. A mold clamping apparatus according to claim 1, further comprising a hydraulic device which includes a hydraulic circuit for fluid communication between a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device and a mold clamping chamber of said mold clamping cylinder device, and a switch valve for alternately connecting and disconnecting said pressure-generating chamber to and from said mold clamping chamber.

5. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said pressure-generating piston is a hollow cylindrical member, said pressure-generating chamber being partially defined by an outer circumferential surface of said hollow pressure-generating piston, said first ball-screw shaft being located in and extending through a bore of said hollow pressure-generating piston, and said first ball-nut being fixed to said hollow pressure-generating piston.

6. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said mold clamping cylinder device is disposed such that a center axis of said mold clamping cylinder device is aligned with a center axis of said movable platen, and said mold clamping ram comprises a hollow cylindrical member, said apparatus further comprising: a mechanical ram which is fixed at one of axially opposite ends thereof to said movable platen and partially located in a bore of said hollow mold clamping ram, said engaging device being operable to hold said hollow mold clamping ram in engagement with said mechanical ram.

7. A mold clamping apparatus according to claim 6, wherein said engaging device comprises a plurality of first engageable protrusions formed on an outer circumferential surface of said mechanical ram such that said first engageable protrusions extend in a circumferential direction of said mechanical ram and are spaced apart from each other at regular intervals in an axial direction of said mechanical ram, and an engaging member having a plurality of second engageable protrusions and supported by said mold clamp-

30

ing ram such that said engaging member is immovable in an axial direction of said mechanical ram and is movable toward and away from the outer circumferential surface of said mechanical ram, for engaging and disengaging said second engageable protrusions with and from said first engageable protrusions.

8. A mold clamping apparatus according to claim 7, further comprising a positioning electric motor adapted to move said engaging member relative to said mechanical ram in the axial direction of said mechanical ram so that said second engageable protrusions of said engaging member is suitably positioned for an engagement with said first engageable protrusions of said mechanical ram.

9. A mold clamping apparatus according to claim 6, wherein said mechanical ram comprises a hollow cylindrical member, said mold clamping apparatus further comprising: an electrically-operated ejector device of ball-screw type having an ejector fixed to said movable platen, a second ball-screw shaft located in a bore of said hollow mechanical ram and fixed to one of said mechanical ram and said ejector, an second ball-nut threaded-engaged with said second ball-screw shaft and fixed to the other of said mechanical ram and said ejector; and an ejecting electric motor adapted to rotate said second ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of said second ball-screw shaft and nut, thereby driving said ejector.

10. A mold clamping apparatus according to claim 9, wherein said ejecting electric motor is fixedly disposed within said bore of said hollow mechanical ram, and said hollow mechanical ram having an air flow passage extending through said bore thereof.

11. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said pressure-generating cylinder device comprises a plurality of pressure-generating cylinder devices disposed about a center axis of said movable platen.

12. A mold clamping apparatus according to claim 11, wherein each of said plurality of pressure-generating cylinder devices comprises: said pressure-generating piston in the form of a hollow cylinder; said pressure-generating chamber partially defined by an outer circumferential surface of said hollow pressure-generating piston; said first ball-screw shaft located in and extending through a bore of said hollow pressure-generating piston; said first ball-nut fixed to said hollow pressure-generating piston; and said movable-platen-driving-electric motor being fixedly supported by said movable platen and being adapted to rotate said first ball-screw shaft and nut relative to each other.

13. A mold clamping apparatus according to claim 6, wherein said mechanical ram comprises a hollow mechanical ram and said first ball-screw shaft is located in a bore of said hollow mechanical ram.

14. A mold clamping apparatus according to claim 13, wherein said first ball-screw shaft is axially immovably supported by the base of the injection-molding machine, said pressure-generating piston being slidably movable within said bore of said mechanical ram so as to constitute said pressure-generating cylinder device, and said first ball-nut is fixed to said pressure-generating piston.

15. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said apparatus comprising:

said first ball-screw shaft of said movable-platen-driving device supported by said base of the injection-molding machine such that said screw shaft is rotatable about an axis thereof and is immovable in an axial direction thereof;

said movable-platen-driving-electric motor adapted to rotate said first ball-screw shaft in forward and reversed directions;

31

a hollow mechanical ram radially outwardly disposed of said first ball-screw shaft and fixed at one of axially opposite ends thereof to said movable platen such that said hollow mechanical ram is movable in an axial direction thereof relative to the base of the injection-molding machine and is not rotatable about the axis thereof;

said pressure-generating piston radially inwardly disposed of said mechanical ram such that said pressure-generating piston is reciprocally slidably movable in an axial direction of said mechanical ram and is not rotatable about an axis of said mechanical ram, said pressure-generating piston cooperating with said mechanical ram to define a pressure-generating chamber therebetween whose volume is decreased by a movement of said pressure-generating piston toward one of axially opposite ends of said mechanical ram, said pressure-generating piston and said pressure-generating chamber cooperating with each other to constitute said pressure-generating cylinder device;

a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston of said pressure-generating cylinder device relative to said mechanical ram such that said pressure-generating piston is biased toward one of axial ends of the pressure-generating cylinder remote from said movable platen;

said first ball-nut of said movable-platen-driving device, threaded engaged with said first ball-screw shaft and fixed to said pressure-generating piston of said pressure-generating cylinder device, said first ball-screw shaft and nut being rotated relative to each other so as to reciprocally move said pressure-generating piston;

said mold clamping cylinder radially outwardly disposed of said mechanical ram and fixedly supported by the base of the injection-molding machine;

said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device radially outwardly disposed of said mechanical ram and radially inwardly of said mold clamping cylinder such that said ram being slidably movable in an axial direction of said mold clamping cylinder, said mold clamping ram cooperating with said mold clamping cylinder to define therebetween a mold clamping chamber;

a positioning electric motor adapted to move said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder for positioning said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder in the axial direction of said mold clamping cylinder;

a hydraulic device having a hydraulic circuit for fluid communication between said pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device and said mold clamping chamber of said mold clamping cylinder device, and having a switch valve alternately connecting and disconnecting said pressure-generating chamber to and from said mold clamping chamber, so that said hydraulic pressure generated in said pressure-generating chamber is transmitted to said mold clamping chamber so as to generate a hydraulic pressure in said mold clamping chamber and apply the hydraulic pressure to said mold clamping ram as a hydraulic driving force, when said pressure-generating chamber and said mold clamping chamber are communicate with each other, and that said hydraulic pressure generated in said pressure-generating chamber is not transmitted to said mold clamping chamber so as to

32

move said piston of said pressure-generating cylinder device together with said mechanical ram by rotating said first screw-shaft, thereby opening and closing the mold, when said pressure-generating chamber and said mold clamping chamber are disconnected from each other;

an engaging device disposed between said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device and said mechanical ram, and being operable for engaging said mold clamping ram and said mechanical ram with each other in order to apply said hydraulic driving force applied to said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device to said mechanical ram as a mold clamping force.

16. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said apparatus comprising:

a plurality of said pressure-generating cylinder device including a plurality of pressure-generating cylinders fixed to said rear platen and disposed about an extension of a center axis of said movable platen so as to extend parallel to said center axis of said movable platen, a plurality of said pressure-generating pistons each having a hollow cylindrical shape, and being slidably movable within said plurality of pressure-generating cylinders, respectively, and a plurality of said pressure-generating chambers partially defined by outer circumferential surfaces of said hollow pressure-generating pistons, and having a volume which is decreased by a sliding movement of said plurality of said pressure-generating pistons in a direction remote from said movable platen;

a plurality of said movable-platen-driving-electric motors disposed on said movable platen and adapted to respectively rotate said first ball-screw shafts in forward and reversed direction;

a plurality of said first ball-nuts thread-engaged with said plurality of said first ball-screw shaft and fixed to said plurality of pressure-generating pistons, respectively;

a plurality of biasing devices adapted to bias said pressure-generating pistons of said pressure-generating cylinder devices toward said movable platen in an axial direction;

said mold clamping cylinder device including said mold clamping cylinder fixedly disposed on said rear platen such that a center axis of said mold clamping cylinder is aligned with said center axis of said movable platen, said mold clamping ram having a hollow cylindrical shape being slidably movable within said mold clamping cylinder, and said mold clamping chamber partially defined by an outer circumferential surface of said mold clamping ram and having a volume which is decreased by a sliding movement of said mold clamping ram in a direction remote from said movable platen;

a hydraulic device being operable to prohibit a fluid communication between said pressure-generating chambers and said mold clamping chamber for fixedly positioning said pressure-generating pistons relative to said pressure-generating cylinders, so that said movable platen fixed with said pressure-generating cylinders is moved toward and away from said stationary platen for closing and opening the mold, while being operable to allow a fluid communication between said pressure-generating chambers and said mold clamping chamber for a slidably movement of said pressure-generating piston, so that hydraulic pressure generated in said pressure-generating chamber by the rotation of

said first ball-screw shaft is applied to said mold clamping chamber of said mold clamping cylinder device, thereby applying a hydraulic driving force to said mold clamping ram;

a mechanical ram fixedly disposed on said movable platen so as to extend toward said rear platen along said center axis of said movable platen;

said engaging device disposed between said mechanical ram and said mold clamping cylinder device, and being operable to engage said mechanical ram and said mold clamping ram relative to each other for applying said hydraulic driving force generated by said mold clamping cylinder device to said mechanical ram as said mold clamping force; and

an electrically-operated ejector device of ball-screw type including an ejector plate fixed to said movable plate, a second ball-screw shaft located in a bore of said hollow mechanical ram and fixed to one of said mechanical ram and said ejector, a second ball-nut threaded-engaged with said second ball-screw shaft and fixed to the other of said mechanical ram and said ejector; and an ejecting electric motor adapted to rotate said second ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of said second ball-screw shaft and nut, thereby driving said ejector.

17. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus as defined in claim 1, wherein said apparatus further includes a plurality of first engageable protrusions formed on one of said mold clamping ram and said movable platen such that said plurality of first engageable protrusions are spaced apart from each other at regular intervals in a direction in which said mold clamping ram and said movable platen are moved relative to each other, and an engaging member formed on the other of said mold clamping ram and said movable platen and having a plurality of second engageable protrusions which are engageable with said first engageable protrusions, said engaging member being moved toward and away from said first engageable member, said method comprising the steps of:

fixing a sample mold consisting of a movable mold half and a stationary mold half to said movable and stationary platens, respectively, said sample mold having a thickness smaller than that of a employed mold to be fixed;

moving said movable platen to a mold closing position thereof where said stationary and movable mold halves are held in contact with each other to close the sample mold between said stationary and movable platens;

detecting an axial position of said movable platen which is placed in said mold closing position, as an initial position of said movable platen in the axial direction;

adjusting an axial position of said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder in order to assure an engagement of said first and second engageable protrusions;

detecting an adjusted axial position of said mold clamping ram as an reference position of said mold clamping ram in the axial direction; and

adjusting an relative position of said mold clamping ram and said mold clamping cylinder in the axial direction, based on detected data with respect to said initial position of said movable platen, and said reference position of said mold clamping ram, in order to assure said engagement of said first and second engageable protrusions, when said movable platen is held in the

mold closing position to close an optional mold interposed between said movable and stationary platens.

18. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus as defined in claim 1, wherein said movable-platen-driving-electric motor comprises an electric servomotor, said method further comprising the steps of:

controlling an output torque of said electric servomotor, based on a hydraulic pressure in said pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device, during said mold clamping apparatus clamp the mold.

19. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus as defined in claim 1, wherein said movable-platen-driving-electric motor, which is adapted to rotate said first ball-screw shaft of said movable-platen-driving device, comprises an electric servomotor, said method further comprising the steps of:

decreasing a hydraulic pressure in said mold clamping chamber by gradually decreasing a value of an output torque of said servomotor to a predetermined value so that a decrease of a hydraulic pressure in said mold clamping chamber is completed.

20. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus as defined in claim 1, wherein said movable-platen-driving-electric motor comprises an electric servomotor, said method further comprising the steps of:

decreasing a hydraulic pressure in said mold clamping chamber by changing gradually or continuously a rotation speed of said servomotor in a direction for generation a reduction of said hydraulic pressure in said mold clamping chamber, until is detected at least one of conditions: that a predetermined period of time has passed which is required for decreasing said pressure in said mold clamping chamber, and that said pressure in said mold clamping chamber has been reduced to a predetermined level.

21. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus, according to claim 17, wherein said mold clamping apparatus further includes a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device, said method further comprising the steps of:

controlling an output torque of said servomotor taken into account of a force required for moving said pressure-generating piston against said biasing force of said biasing device applied thereto.

22. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus, according to claim 18, wherein said mold clamping apparatus further includes a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device, said method further comprising the steps of:

controlling an output torque of said servomotor taken into account of a force required for moving said pressure-generating piston against said biasing force of said biasing device applied thereto.

23. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus, according to claim 19, wherein said mold clamping apparatus further includes a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston toward a fully retracted position thereof to increase a volume of a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device, said method further comprising the steps of:

controlling an output torque of said servomotor taken into account of a force required for moving said pressure-

35

generating piston against said biasing force of said biasing device applied thereto.

24. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus according to claim 20, wherein said mold clamping apparatus further includes a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston toward a fully retracted piston thereof to increase volume of a pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device, said method further comprising the steps of:

controlling an output torque of said servomotor taken into account of a force required for moving said pressure-generating piston against said biasing force of said biasing device applied thereto.

25. A mold clamping apparatus according to claim 7, wherein said hollow mold clamping ram of said mold clamping cylinder device has an operational stroke length which is made larger than a sum of a pitch of the first engageable protrusions and an increased amount of the axial distance between said rear and movable platens upon application of a mold clamping force between said rear and movable platens.

26. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus according to claim 17, further comprising the step of:

adjusting said axial position of said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder in said axial direction such that said first and second engageable protrusions are engaged with each other at an engaging portion which is retracted from a fully advanced position of said mold clamping ram at least by an axial distance corresponding to an increased axial distance between said rear and movable platens due to an application of a mold clamping force between said rear and movable platens, and which is nearest to a mold-closing position of said mold clamping ram in the case where said employed mold is fixed.

27. A method of controlling an operation of a mold clamping apparatus according to claim 17, further comprising the steps of:

calculating a mold-thickness difference between said sample mold and said employed mold;

obtaining mold-closing position of said mold clamping ram when said movable platen is fixed with said employed mold, based on said mold-thickness difference and said initial position of said movable platen;

obtaining distance between the obtained mold-closing position and said reference position of said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device; and

obtaining an adjusting amount of said axial position of said mold clamping ram relative to the mold clamping cylinder of said mold clamping cylinder device required for ensuring engagement of said first and second engageable protrusions, based on the obtained distance of a pitch of said first engageable protrusions.

28. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said apparatus comprising:

said first ball-screw shaft of said mold opening and closing mechanism supported by said base of the injection-molding machine such that said first ball-screw shaft is rotatable about an axis thereof and is immovable in an axial direction thereof;

said movable-platen-driving electric motor adapted to rotate said first ball-screw shaft in forward and reverse directions;

a hollow mechanical ram radially outwardly disposed of said first ball-screw shaft and fixed at one of axially

36

opposite ends thereof to said movable platen, such that said hollow mechanical ram is movable in an axial direction thereof relative to the base of the injection-molding machine and is not rotatable about the axis thereof;

said pressure-generating piston radially inwardly disposed of said mechanical ram such that said pressure-generating piston is reciprocally slidably movable in an axial direction of said mechanical ram and is not rotatable about an axis of said mechanical ram, said pressure-generating piston cooperating with said mechanical ram to define a pressure-generating chamber therebetween whose volume is decreased by a movement of said pressure-generating piston toward one of axially opposite ends of said mechanical ram, said pressure-generating piston and said pressure-generating chamber cooperating with each other to constitute said pressure-generating cylinder device;

a biasing device adapted to bias said pressure-generating piston of said pressure-generating cylinder device relative to said mechanical ram such that said pressure-generating piston is biased toward one of axial ends of the pressure-generating cylinder remote from said movable platen;

said first ball-nut of said movable-platen-driving device threaded engaged with said first ball-screw shaft and fixed to said pressure-generating piston of pressure-generating cylinder device, said first ball-screw shaft and nut being rotated relative to each other so as to reciprocally move said pressure-generating piston;

said mold clamping cylinder radially outwardly disposed of said mechanical ram and fixedly supported by the base of the injection-molding machine;

said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device radially outwardly disposed of said mechanical ram and radially inwardly of said mold clamping cylinder such that said mold clamping ram is slidably movable in an axial direction of said mold clamping cylinder, said mold clamping ram cooperating with said mold clamping cylinder to define therebetween a mold clamping chamber;

a positioning electric motor adapted to move said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder for positioning said mold clamping ram relative to said mold clamping cylinder in the axial direction of said mold clamping cylinder;

a hydraulic device having a hydraulic circuit for fluid communication between said pressure-generating chamber of said pressure-generating cylinder device and said mold clamping chamber of said mold clamping cylinder device, and permitting that said hydraulic pressure generated in said pressure-generating chamber by said relative longitudinal motion of said first ball-screw shaft and nut due to a rotation of said first ball-screw shaft is transmitted to said mold clamping chamber so as to generate a hydraulic pressure in said mold clamping chamber and apply the hydraulic pressure to said mold clamping ram as a hydraulic driving force;

an engaging device disposed between said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device and said mechanical ram, and being operable for engaging said mold clamping ram and said mechanical ram with each other in order to apply said hydraulic driving force applied to said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device to said mechanical ram as a mold clamping force.

29. A mold clamping apparatus according to claim 1, wherein said apparatus comprising:

- a plurality of said pressure-generating cylinder devices including a plurality of pressure-generating cylinders fixed to said rear platen and disposed about an extension of a center axis of said movable platen so as to extend parallel to said center axis of said movable platen, a plurality of said pressure-generating pistons each having a hollow cylindrical shape, and being slidably movable within said plurality of pressure-generating cylinders, respectively, and a plurality of said pressure-generating chambers partially defined by outer circumferential surfaces of said hollow pressure-generating pistons, and having a volume which is decreased by a sliding movement of said plurality of said pressure-generating pistons in a direction remote from said movable platen;
 - a plurality of said first ball-screw shafts disposed about said center axis of said movable platen so as to extend parallel to said center axis and so as to be located in and extend through bores of said plurality of pressure-generating pistons, respectively, said plurality of said first ball-screw shafts axially immovably fixed to said movable platen;
 - a plurality of said movable-platen-driving electric motors disposed on said movable platen and adapted to respectively rotate said first ball-screw shafts in forward and reversed directions;
 - a plurality of said first ball-nuts fixed to said plurality of pressure-generating pistons and thread-engaged cylinder devices toward said movable platen in an axial direction, respectively;
- said mold clamping cylinder device including said mold clamping cylinder fixedly disposed on said rear platen such that a center axis of said mold clamping cylinder is aligned with said center axis of said movable platen, said mold clamping ram having a hollow cylindrical shape being slidably movable within said mold clamping cylinder, and said mold clamping chamber partially defined by an outer circumferential surface of said mold clamping ram and having a volume which is decreased by a sliding movement of said mold clamping ram in a direction remote from said movable platen;

- a hydraulic device being operable to prohibit a fluid communication to said pressure-generating chambers for fixedly positioning said pressure-generating pistons relative to said pressure-generating cylinders, so that said movable platen is moved by a rotation of said first ball-screw shaft relative to said rear platen fixed with said pressure-generating cylinders for closing and opening the mold, while being operable to allow a fluid communication between said pressure-generating chambers and said mold clamping chamber for permitting slidably movement of said pressure-generating pistons, so that hydraulic pressure generated in said pressure-generating chambers by the rotation of said first ball-screw shafts are applied to said mold clamping chamber of said mold clamping cylinder device, thereby applying a hydraulic driving force to said mold clamping ram;
- a mechanical ram fixedly disposed on said movable platen so as to protrude toward said rear platen along said center axis of said movable platen, said mechanical ram extending through a bore of said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device;
- said engaging device disposed between said mechanical ram and said mold clamping ram of said mold clamping cylinder device, and being operable to engage to said mechanical ram and said mold clamping ram relative to each other for applying said hydraulic driving force generated by said mold clamping cylinder device to said mechanical ram as said mold clamping force; and
- an electrically-operated ejector device of ball-screw type including an ejector plate fixed to said movable plate, a second ball-screw shaft located in a bore of said hollow mechanical ram and fixed to one of said mechanical ram and said ejector, and second ball-nut threaded-engaged with said second ball-screw shaft and fixed to the other of said mechanical ram and said ejector; and an ejecting electric motor adapted to rotate said second ball-screw shaft and nut relative to each other so as to generate a relative longitudinal motion of said second ball-screw shaft and nut, thereby driving said ejector.

* * * * *